

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN**



Trabajo monográfico para optar al título en Ingeniería Eléctrica, presentado por:

**Br. Kenia Indira Estrada Landero**

Titulado:

**Propuesta de mejora de normativa para la higiene y seguridad  
ocupacional en hospitales de Nicaragua.**

Tutor:

**Ing. Ramiro Arcia Lacayo**

Managua, Nicaragua, 2016

## **Agradecimiento**

Agradezco a la Universidad Nacional de Ingeniería, por haberme formado como una profesional, dispuesta a servir a mi país; a los directivos de los hospitales muestra, por el apoyo brindado al darme la oportunidad de compartir mis conocimientos; y a los amigos que me han conocido y me han compartido sus conocimientos y enseñanzas de manera desinteresada en el ámbito biomédico.

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo sobre todo a Dios, guía para la realización de este proyecto, a mi familia y en especial a mi hijo Moisés, motivación latente al ser el pilar fundamental en el desarrollo de esta meta.

## **Resumen**

La seguridad eléctrica entorno al paciente y personal médico fue la base para el desarrollo de la Normativa de Higiene y Seguridad Ocupacional en Hospitales de Nicaragua. El presente documento es el resultado de un trabajo práctico donde fueron aplicados los fundamentos académicos aprendidos en el proceso de formación como Ingeniera Electricista, el objetivo principal fue proponer una normativa de higiene y seguridad ocupacional en instalaciones eléctricas hospitalarias.

Para el inicio de este proyecto se realizó en el capítulo I un reconocimiento de todas las áreas de los hospitales, se elaboraron formatos de visitas para llevar a cabo la inspección de las instalaciones eléctricas, con respecto a la seguridad eléctrica de entorno al paciente y de los equipos biomédicos, con el propósito de conocer el estado actual en el que se encuentra y las normativas que se aplican. En el capítulo II y III se conoció y estudió el estado de las instalaciones eléctricas, se realizó un análisis de la seguridad eléctrica en los sistemas eléctricos de las distintas áreas, con el propósito de evaluarlas y realizar un diagnóstico adecuado, a partir de las normas y estándares vigentes que rigen en el ámbito nacional e internacional. En el capítulo IV se estudia la factibilidad de llevar a cabo la remodelación de las instalaciones eléctricas así como la implementación de energías renovables, tomando en cuenta la oferta estructural y la demanda tanto de atención médica como de energía eléctrica futura según el crecimiento poblacional.

La información obtenida de las visitas permitió desarrollar mejoras en la normativa existente contemplada en el CIEN, lo cual permitirá efectuar acciones correctivas y preventivas en el entorno eléctrico de los pacientes y personal médico, las cuales son mostradas en el capítulo V donde se presenta la propuesta de normativa.

## ***Contenido***

<b>Agradecimiento.....</b>	<b>i</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>ii</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>iii</b>
<b>I. Capítulo I: Generalidades .....</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes .....	2
1.2. Objetivos .....	3
1.2.1. General.....	3
1.2.2. Específicos .....	3
1.3. Justificación.....	4
1.4. Marco teórico .....	5
1.4.1. Efectos de la corriente eléctrica en el cuerpo humano .....	5
1.4.2. Normas y estándares que rigen la seguridad eléctrica en los hospitales de Nicaragua. ....	6
<b>II. Capítulo II: Presentación de resultados .....</b>	<b>8</b>
2.1. Sistemas eléctricos .....	8
2.1.1. Sistema eléctrico de emergencias.....	8
2.1.2. Sistema de energía aislados .....	11
2.1.3. Sistema contra incendios .....	12
2.2. Instalaciones eléctricas .....	13
2.2.1. Áreas hospitalarias .....	13
<b>III. Capítulo III: Análisis de resultados .....</b>	<b>23</b>
3.1. Diagnóstico de la evaluación.....	23
3.2. Valoración del impacto socioeconómico .....	23
3.3. Valoración del impacto ambiental .....	24
<b>IV. Capítulo IV: Estudio Económico .....</b>	<b>25</b>
4.1. Análisis de la demanda .....	25
4.1.1. Análisis de la demanda en orden de atención .....	25
4.1.2. Análisis de la demanda eléctrica .....	26
4.2. Análisis de la oferta .....	28
4.2.1. Análisis de la oferta en capacidad eléctrica estructural. ....	28
4.3. Costos de operación y mantenimiento .....	35

4.3.1. Costo de la inversión .....	35
4.4. Estudio económico del uso de las energías renovables.....	35
4.4.1. Aplicación de sistemas fotovoltaicos para la iluminación .....	36
4.4.2. Aplicación de calentador solar para duchas .....	38
4.4.3. Análisis Costo/Efectividad .....	39
4.4.4. Análisis de recuperación de la inversión. ....	40
<b>V. Propuesta de Normativa de Higiene y Seguridad Ocupacional en Hospitales de Nicaragua. ....</b>	<b>42</b>
<b>VI.Conclusiones .....</b>	<b>90</b>
6.1. Recomendaciones .....	91
<b>VII. Bibliografía .....</b>	<b>92</b>
<b>Acrónimos</b>	
<b>Glosario</b>	
<b>VII. Anexos</b>	

## **I. Capítulo I: Generalidades**

La seguridad ocupacional son las medidas o condiciones de seguridad del trabajo, que deben resguardar, dentro de todas las especies de servicios que se desarrollan en la vida, la salud y la integridad física de todo trabajador, relacionada estrictamente con la prevención de los accidentes laborales y enfermedades profesionales. A medida que evoluciona la tecnología médica, se incrementa su grado de efectividad y a su vez su complejidad, hoy en día todo el mundo se encuentra relacionado con la energía eléctrica, su uso y aplicación, y los hospitales no son la excepción. “Los problemas eléctricos son la principal causa de incendios en los hospitales, en mayor medida por la violación de las normas del buen uso de equipos e instalaciones, debido a la alta sensibilidad de los equipos electrónicos o biomédicos.” (Ministerio de Salud Pública, 2001).

En las instituciones hospitalarias es importante minimizar los riesgos eléctricos asociados al uso de la tecnología biomédica y de las instalaciones eléctricas, así como los riesgos biológicos, que pueden poner en riesgo la vida del paciente y del personal hospitalario; por lo tanto, es indispensable diseñar métodos de inspección y control basados en normas técnicas hospitalarias, así como capacitar al personal asistencial de la manera correcta de manipular los quipos y desechos fisiológicos, desarrollando planes de mantenimiento que garanticen las condiciones de la instalación eléctrica. Para dar cumplimiento con estos requerimientos se deben de seguir las normas nacionales e internacionales que establecen estándares de seguridad los cuales se deben de aplicar en los hospitales. Incrementando de este modo la seguridad de los pacientes y técnicos.

Este proyecto está encaminado a calificar y cuantificar los niveles de riesgo en hospitales Nicaragua verificando el estado de los parámetros de seguridad eléctrica y de las condiciones ambientales de la institución hospitalaria, de modo que los resultados que arroje el diagnóstico sirvan de herramienta para generar políticas de mejora en cuanto a higiene y seguridad ocupacional.

## **1.1. Antecedentes**

La tecnología médica ha aumentado considerablemente la seguridad de los equipos y ha reducido los riesgos debidos al manejo y utilización de los mismos. En la actualidad, en las aplicaciones médicas los niveles de seguridad que deben reunir los sistemas de instrumentación e instalaciones eléctricas, así como la manipulación y destrucción de desechos están normalizados. Resulta obvio que no puede asegurarse un riesgo nulo, sin embargo, “una adecuada utilización de los mismos por usuarios instruidos minimiza los riesgos eléctricos y aumenta la seguridad del paciente y el personal médico”. (Universidad de Alcalá, 2015)

Existen recomendaciones, normas internacionales, códigos y reglamentos de obligatorio cumplimiento como lo son normas expedidas por la Comisión Internacional Electrotécnica (IEC) o el Código Nacional de Electricidad (NEC) expedido por la Asociación Nacional de Protección Contra Incendios (NFPA) a la cual hace referencia el Código de Instalaciones Eléctricas de Nicaragua (CIEN), lo que significa que la seguridad física, tanto de los pacientes como del trabajador, está asegurada desde las constituciones de cada país. En Nicaragua, por Resolución Ministerial de Higiene y Seguridad del Trabajo (Publicado en La Gaceta No. 165 del 1 de Septiembre de 1993) en el artículo 82, inc. 4, de la Constitución, se reconoce el derecho de los trabajadores a unas condiciones de trabajo que “garanticen la integridad física, la salud, la higiene y la disminución de los riesgos profesionales para hacer efectiva la seguridad ocupacional del trabajador” (Ministerio del trabajo, 2008), sin embargo, Nicaragua no cuentan con normas técnicas hospitalarias concretas que contribuyan al cumplimiento de dicha resolución.



## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. General**

- Proponer normativa mejorada sobre higiene y seguridad ocupacional para hospitales de Nicaragua enfocado en normas eléctricas.

### **1.2.2. Específicos**

- Realizar un diagnóstico sobre las normas relativas a higiene y seguridad ocupacional que actualmente se están aplicando en hospitales del país.
- Valorar y cuantificar el impacto ambiental, económico y social producto de la aplicación o no de las normas vigentes.
- Elaborar normativa sobre higiene y seguridad ocupacional para hospitales de Nicaragua.

### **1.3. Justificación**

La complejidad de los dispositivos médicos puede llegar a provocar un número considerable de daños a pacientes y a personal asistencial si su manejo no es adecuado. Es muy común ver en algunas salas de cirugía cables en el suelo, prolongadores eléctricos en que la conexión a tierra no existe o está mal conectada, cables en que la pérdida del material aislante se suple con leuco, etc. Por lo tanto, es habitual que en los países existan reglamentaciones respecto a las buenas prácticas en Ingeniería, en este caso la ingeniería eléctrica.

Garantizar la seguridad es una necesidad que se debe implementar en los hospitales de Nicaragua, con el fin de disminuir los riesgos al cual es sometido el paciente, los médicos, enfermeras y personas alrededor incluyendo personal de mantenimiento y limpieza. Una manera de prevenir los accidentes laborales, es la que nos proporciona el conocimiento y el dominio de un determinado puesto de trabajo, principalmente cuando este se ha aprendido de una manera teórica-técnica. De esta manera la Universidad Nacional de Ingeniería se convierte en una de las instituciones idóneas para la colaboración en la creación de normativas electrotécnicas en hospitales, gracias a su gran trascendencia en materia de seguridad en instalaciones eléctricas y dispositivos electrónicos, mediante las carreras de la Facultad de Electrotecnia y Computación como lo son la ingeniería eléctrica y electrónica.

En la actualidad, se requiere poner al día el diagnóstico de las instalaciones eléctricas y procedimientos ambientales. “Es necesario evaluar la seguridad eléctrica de las tecnologías biomédicas, se debe comprobar y determinar que los equipos, conectados a la red, trabajan correctamente, que los desechos sean manipulados y eliminados de la mejor manera posible para hacer seguro el entorno del paciente y el trabajador” (Instituto Nacional Tecnológico, 2013).

## **1.4. Marco teórico**

La higiene ocupacional está estrechamente relacionada con la prevención de los accidentes laborales, enfermedades profesionales y la seguridad social dentro de las condiciones generales del trabajo en que se deba desarrollar la actividad.

La energía eléctrica es necesaria en las instalaciones de hospitales o servicios de cuidados o asistencia no sólo para el funcionamiento de los instrumentos médicos, sino también para uso de iluminación, aplicaciones de mantenimiento, confortabilidad de los pacientes (televisión, relojes, botones de emergencia o llamada a enfermeras etc.) y otros equipos eléctricos.

La seguridad eléctrica como proceso de gestión consiste en minimizar los riesgos que resultan de la manipulación del equipo médico y de las condiciones que lo rodean, es decir, la seguridad debe garantizar un ambiente óptimo para el paciente, para el equipo biomédico y para el personal asistencial de la institución.

### **1.4.1. Efectos de la corriente eléctrica en el cuerpo humano**

Los efectos que la corriente eléctrica produce sobre el cuerpo humano dependen fundamentalmente de los siguientes parámetros: magnitud de la corriente que circula por el tejido, frecuencia, tiempo de exposición a la corriente eléctrica, zona por la que circula (superficie o tejido interno). La gravedad del daño producido dependerá también del órgano afectado.<sup>1</sup>

Cuando la corriente se aplica entre dos puntos cualesquiera del cuerpo humano, sólo un pequeño porcentaje de la energía o corriente total pasa a través del corazón.<sup>2</sup> De esta forma, pueden darse básicamente dos tipos de situaciones: el macroshock y el microshock. El macroshock está relacionado con la circulación de corriente en la superficie corporal. El microshock se refiere a aquellos casos en los

---

<sup>1</sup> Ver imágenes 01

<sup>2</sup> Ver imagen 02

que al tener un catéter conectado al corazón, una pequeña corriente puede ocasionar grandes daños al paciente e incluso la muerte. Diversos experimentos muestran que el rango de corrientes que producen fibrilación en casos de microshock es de 80 a 600 mA. El límite de seguridad ampliamente aceptado para prevenir microshock es de 10 mA

#### **1.4.2. Normas y estándares que rigen la seguridad eléctrica en los hospitales de Nicaragua.**

Las normas de seguridad e higiene ocupacional, están diseñadas para prevenir accidentes, su práctica y correcta aplicación deben proporcionar los mecanismos mínimos que garanticen la seguridad de las personas; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos. Para llevar a cabo un adecuado proceso de seguridad en el entorno, se debe tener en cuenta una serie de procesos de acuerdo a las normas vigentes. La norma ministerial sobre las disposiciones básicas de higiene y seguridad del trabajo aplicables a los equipos e instalaciones eléctricas exige en el capítulo XII, Art. 25 que “Los conductores eléctricos fijos estarán debidamente polarizados respecto a tierra”.

En el código de Instalaciones Eléctricas de Nicaragua (CIEN) en el Capítulo 5, Art. 517-13, con respecto a la conexión a tierra cita que “En las áreas usadas para el cuidado de los pacientes, las terminales de puesta a tierra de todos los tomacorrientes y todas las superficies no conductoras de corriente de los equipos eléctricos fijos que pueden estar energizados y sujetos a contacto con personas funcionando a más de 100V, deberán ser puestos a tierra por un conductor de cobre aislado”.

Otro aspecto importante, son los requisitos que se deben cumplir para el uso adecuado de los tomacorrientes. Según el CIEN capítulo 5 indica que los tomacorrientes, deben ser del tipo hospitalario e identificarse con un punto visible de color verde, puestos a tierra y certificados para tal uso. La Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense de Accesibilidad NTON 12 006-14, numeral 6.13 funda

que: “Los controles: apagadores, tomacorrientes e interruptores, deben estar colocados a una distancia mínima de 0,50 m de una esquina interior de paredes, los apagadores deben colocar a una altura máxima de 1,40 m y los tomacorrientes deben colocarse a una altura mínima de 0,40 m”.

En la unidad de cuidados intensivos se requiere de sistemas de alimentación de emergencia. Estos sistemas suelen entrar en funcionamiento un cierto tiempo después de que se produzca una falla en el sistema normal de abastecimiento de corriente eléctrica. Están constituidos por sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI) en inglés UPS y pueden existir diversos tipos de sistemas de seguridad estándar (iluminación, servicios de alarma, etc.) y sistemas de seguridad críticos (alimentaciones de las áreas de cuidados intensivos o quirófanos). Las plantas de emergencia es algo muy importante dentro de un hospital para que la energía eléctrica sea continua.

Aunque el CIEN no hace mención a los lugares de eliminación de residuos sólidos peligrosos en edificios de cuidado de la salud como lo son los hospitales, la NTON 05015-01, Obras complementarias numeral 13.6 exige que en estos lugares las instalaciones de energía eléctrica deben garantizar la iluminación interior y exterior. La exterior debe ser perimetral, con postes colocados a una distancia mínima de 50mts y altura mínima de 3mts. La instalación de la línea de conducción interior debe ser subterránea incluyendo la acometida.

## **II. Capítulo II: Presentación de resultados**

Para la evaluación de las instalaciones eléctricas se tomaron para el estudio 7 hospitales de los cuales 4 son estatales (2 son de referencia departamental y 2 de referencia nacional), y 3 son privados (2 de referencia nacional). Se aplicó en la evaluación las normas del CIEN por ser el código de cumplimiento obligatorio en el país. A continuación se muestra el resultado obtenido del estudio.

### **2.1. Sistemas eléctricos**

El sistema eléctrico esencial para hospitales debe estar compuesto por dos sistemas separados capaces de suministrar una cantidad limitada del servicio de alumbrado y fuerza considerado esencial para la vida, segura y efectiva durante el tiempo que el servicio eléctrico normal es interrumpido por cualquier razón. Estos dos sistemas deben ser, el sistema de emergencia y el normal.

Cada circuito del sistema eléctrico esencial debe estar alimentado por uno o más de los interruptores de transferencia mostrado en los diagramas 517-30(1) y 517-30(2) <sup>3</sup>. Se permite que un interruptor de transferencia alimente uno o más circuitos o sistemas con la demanda máxima o el sistema eléctrico esencial de 150 KVA como se muestra en el diagrama 517-30(3).

Aunque todos los hospitales muestra cuentan con un sistema eléctrico esencial, solo en dos de ellos se tienen los correspondientes diagramas de su sistema.

#### **2.1.1. Sistema eléctrico de emergencias**

Aquellas funciones de cuidado de pacientes que dependen del alumbrado o aparatos que son conectados al sistema de emergencia deben estar divididos en dos circuitos obligatorios: el circuito de "seguridad de la vida" y el circuito de

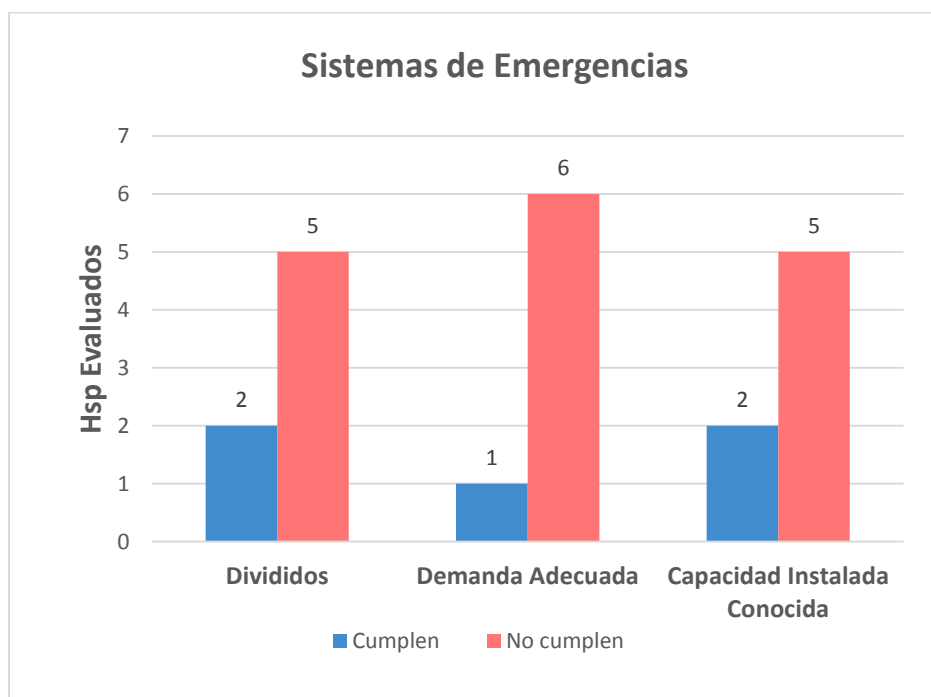
---

<sup>3</sup> Ver diagramas en anexo No 03.

"carga critica". Los circuitos derivados del sistema de emergencia deben de estar instalados y conectados a la fuente alterna de alimentación, de manera que las funciones aquí especificadas para el sistema de emergencia deben ser automáticamente restablecidas para operar dentro de 10 segundos después de la interrupción de la fuente normal.

Los siete hospitales muestra tomados, cuentan con sistemas de emergencias, sin embargo solo 2 hospitales tienen dividido el sistema de emergencias a como lo indica el CIEN 517-31 y solo 1 de ellos tiene un sistema de emergencias adecuado a su demanda. En ninguno de los hospitales muestra se tiene subdivididos los circuitos de las áreas críticas y en 5 de los casos se desconoce la potencia instalada al sistema de emergencia.

**Gráfico N° 01: Sistemas de Emergencias**



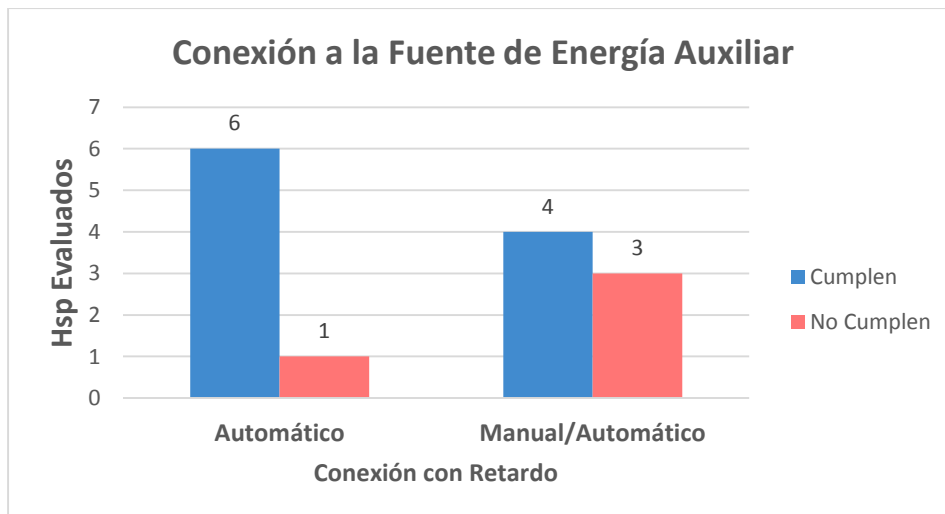
*Fuente: Formatos de Visitas*

### **2.1.1.1. Conexión del sistema de equipos a la fuente de energía auxiliar**

El sistema de equipos deberá ser instalado y conectado a la fuente auxiliar de tal manera que los equipos de alumbrado del lugar de trabajo y tomacorrientes seleccionados sean puestos automáticamente en operación en un intervalo de tiempo apropiado, siguiente a la energización del sistema de emergencia. Los equipos como sistema central de succión, bombas de desagüe y otros equipos cuya operación sea requerida para la seguridad de aparatos mayores y sistemas de aire comprimido deben estar arreglados por una conexión de retardo automático a la fuente de energía auxiliar. Los equipos de climatización, ascensores seleccionados, sistemas de suministro de ventilación y extracción, puertas automáticas y autoclaves deberán proveerse de conexión bien sea de retardo automático o manual, a la fuente de energía auxiliar, así como los equipos en áreas de cuidado de pacientes.

Como se ha mencionado anteriormente los siete hospitales muestra cuentan con sistemas de emergencias, 6 de ellos cumplen con la conexión de retardo automático y 4 cumplen con la conexión manual/automática de equipos.

**Gráfico No. 02: Conexión con retardo automático o manual**



Fuente: Formatos de Visitas



### **2.1.2. Sistema de energía aislados**

El peligro de shock o descarga eléctrica existe entre dos conductores entre los que exista una diferencia de potencial (115-120V o 230-240V). En las áreas generales de los hospitales (pasillos, zona de recepción, etc.) los pacientes rara vez entran en contacto con equipos eléctricos, sin embargo en las áreas destinadas a cuidados (habitaciones, quirófano, etc.) los pacientes entran en contacto con los equipos eléctricos por lo que el riesgo de descarga eléctrica aumenta.

Un modo de evitar o disminuir este riesgo es impedir el establecimiento de la referida corriente eléctrica. Esto se logra aislando ambos conductores de la red respecto a tierra impidiendo de este modo la conformación de un circuito de conducción eléctrica, esta aislación se consigue mediante la colocación de un transformador aislador que separe la red eléctrica convencional conectada a su bobinado primario de la red aislada formada a partir de su bobinado secundario. La red aislada de este modo se conoce como red aislada IT.

#### ***2.1.2.1. Normativas para las instalaciones del sistema aislado.***

Los conductores de circuitos aislados deben identificarse como conductores aislados naranja, café y amarillo para sistemas trifásicos. No deben usarse compuestos para el cableado que incrementen la constante dieléctrica, en los conductores secundarios del suministro de energía aislado. Además de los dispositivos de control y de protección de sobrecorriente, cada sistema de potencia aislado debe proveerse con un monitor de aislamiento de línea que opera continuamente para indicar las posibles fugas o fallas de corriente de cada conductor aislado a tierra mediante una lámpara señalizadora de color verde; una lámpara roja señalizadora y una alarma audible (remota si se desea) debe de energizarse cuando la corriente total peligrosa (que consiste de posibles corrientes de fuga resistivas o capacitivas) de cualquier conductor aislado alcanza un valor cercano a los 5 miliamperes, además de contar con un amperímetro calibrado en el sistema de corriente de peligro total (contribución de la corriente de peligro del

monitor) en un lugar plenamente visible sobre el monitor de aislamiento de línea con la "zona de alarma" al centro de la escala aproximadamente.

La norma IEC 61558-2-15 toma en cuenta las probabilidades de riesgos, para las personas y en especial para los pacientes, que puedan ocasionar las corrientes eléctricas de fuga al pasar por el organismo y aunque el CIEN no obliga la instalación de sistemas aislados, en los hospitales en cuestión se encontró que de las 75 áreas de cuidado crítico estudiadas 13 están conectadas a una red aislada IT, las cuales cumplen con requisitos técnico exigidos por el CIEN.

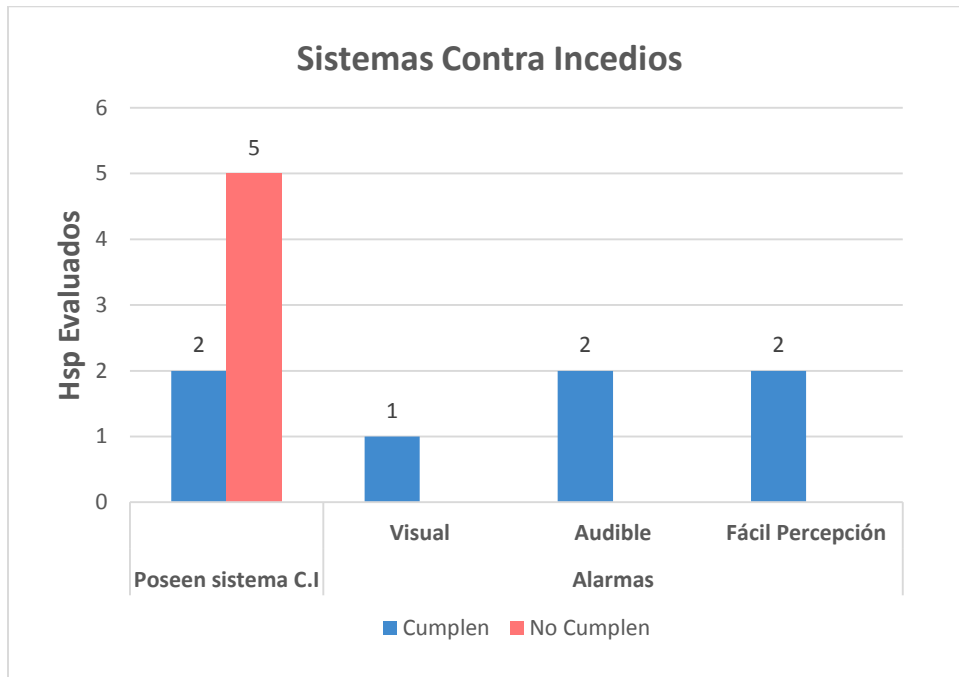
### **2.1.3. Sistema contra incendios**

La Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense Instalaciones de Protección Contra Incendios en el artículo 4.5.3, exige la instalación de rociadores automáticos de agua en los edificios, establecimientos hospitalarios el cual contarán con una instalación de detección y alarma, el sistema dispondrá de detectores y de pulsadores manuales y debe permitir la transmisión de alarmas locales, de alarma general y de instrucciones verbales.

La Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense de Accesibilidad, numeral 6.34.p. establece que las señales de alarma deben estar diseñadas y localizadas de manera que sean fáciles de percibir, Las señales de alarma sonoras no deben exceder los 120 decibeles y las señales de alarma luminosas deben ser intermitentes y de colores que contrasten con el fondo.

Se encontró que de las 7 muestras tomas solamente 2 de ellas poseen sistemas contra incendios. Los dos sistemas poseen sistemas de alarmas audibles y 1 alarma visual. Aunque los sistemas contra incendios cumplen con la norma del CIEN art. 760, solo 1 de los dos sistemas posee un sistema de rociadores en buen estado.

**Gráfico No 03: Sistema Contra Incendios**



*Fuente: Formatos de Visitas*

## **2.2. Instalaciones eléctricas**

### **2.2.1. Áreas hospitalarias**

Las áreas de cuidado de la salud contempladas en el Código de Instalaciones de Nicaragua son las siguientes

- ✓ Área de cuidado general
- ✓ Áreas de cuidado crítico
- ✓ Locales de anestesia
- ✓ Área de Rayos X

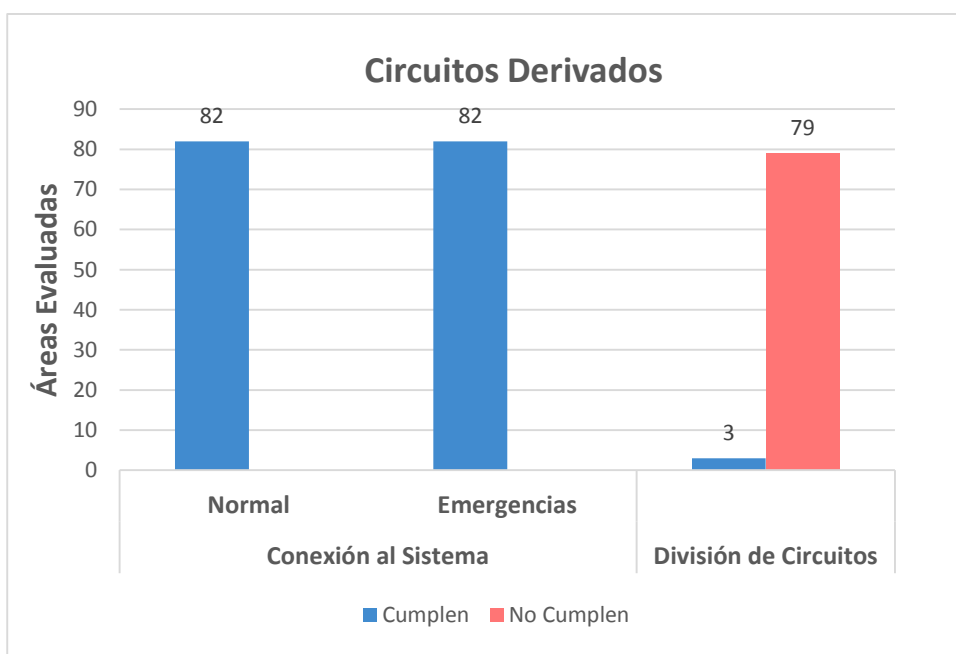
#### **2.2.1.1. Área de cuidado general**

En las áreas de cuidado general cada cama de paciente debe ser alimentada por al menos dos circuitos derivados, al menos uno desde el tablero del sistema normal y el otro del de emergencia, también debe estar provista como mínimo de

cuatro tomacorrientes (tipo sencillo o dúplex) estos deberán ser "tipo hospital" identificados y conectados a tierra mediante un conductor de cobre aislado. En sitios de pediatría los contactos de 15 y 20 A, 120 V deben contar con una protección resistente.

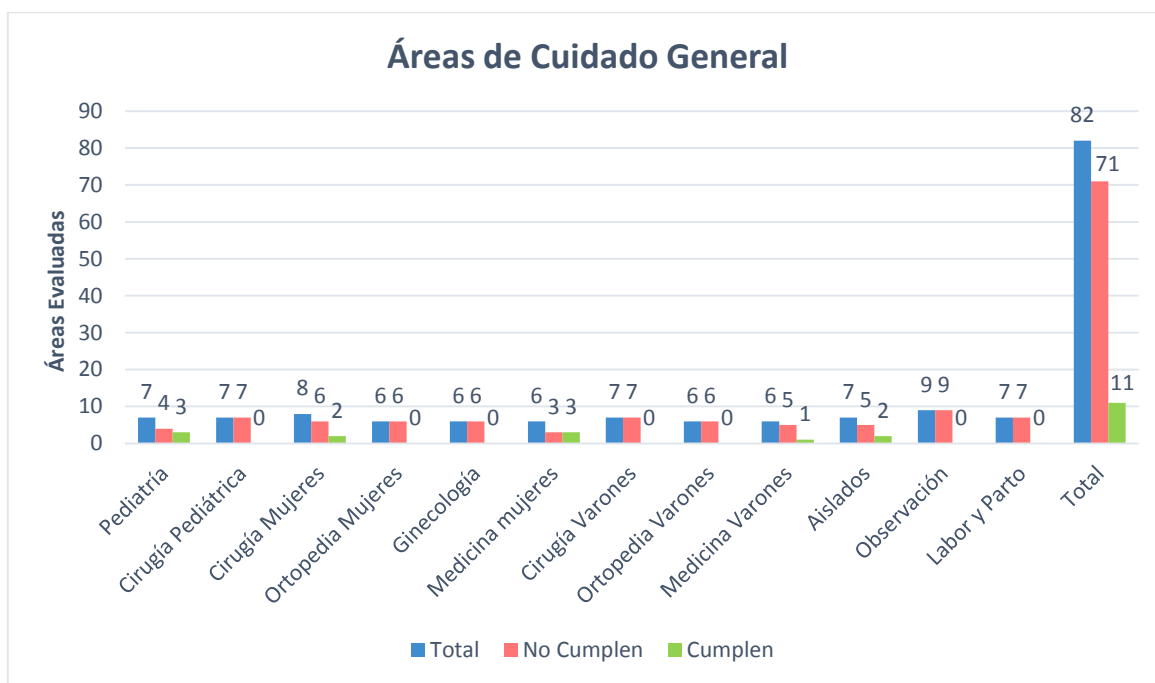
El resultado del estudio revela que de las 82 áreas generales solo 3 salas tiene dividido correctamente los sistemas derivados, 11 cumple con que los tomacorrientes sean del tipo hospital y de las 14 áreas de pediatría solo 3 áreas cumplen con los tomacorrientes con protección resistente. Aunque en la mayoría de los tomacorrientes (tipo hospital o no) cumplen con la conexión a tierra solo 16 de las áreas están conectadas al sistemas de tierra, 60 se conectan a tierra en el subpanel y en 6 de las áreas no existe la conexión a tierra.

**Gráfico N.º 04: División de Circuitos Derivados**



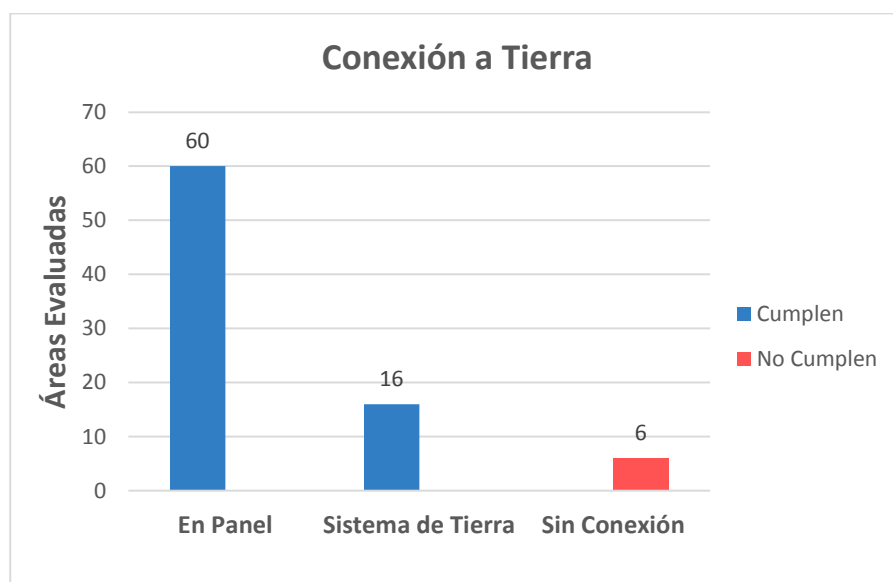
*Fuente: Formatos de Visitas*

**Gráfico No 05: Tomacorrientes Tipo Hospital**



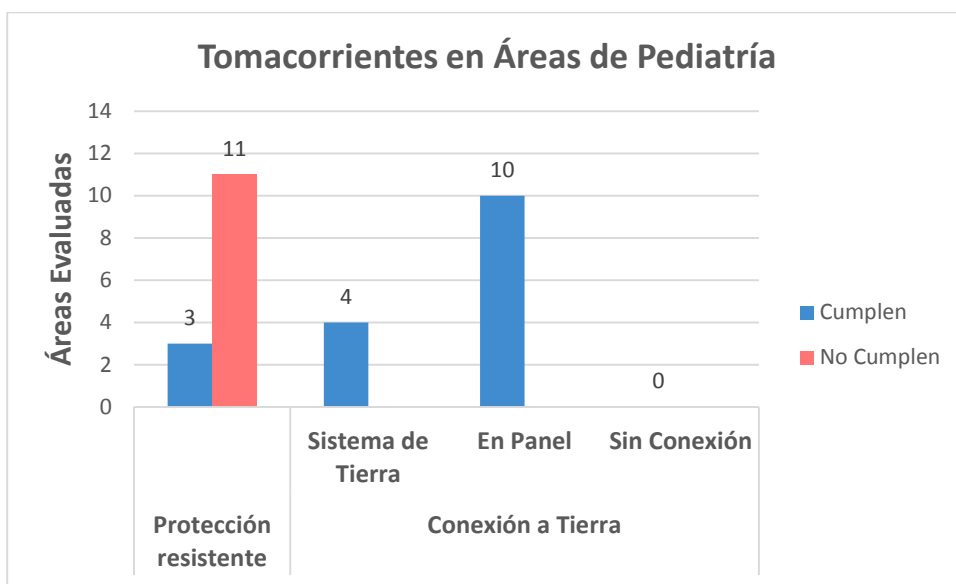
Fuente: Formatos de Visitas

**Gráfico No 06: Conexión a tierra en Áreas de Cuidado General**



Fuente: Formatos de Visitas

**Gráfico No 07: Áreas de pediatría (A.C.G)**



*Fuente: Formatos de Visitas*

### **2.2.1.2. Área de cuidado crítico**

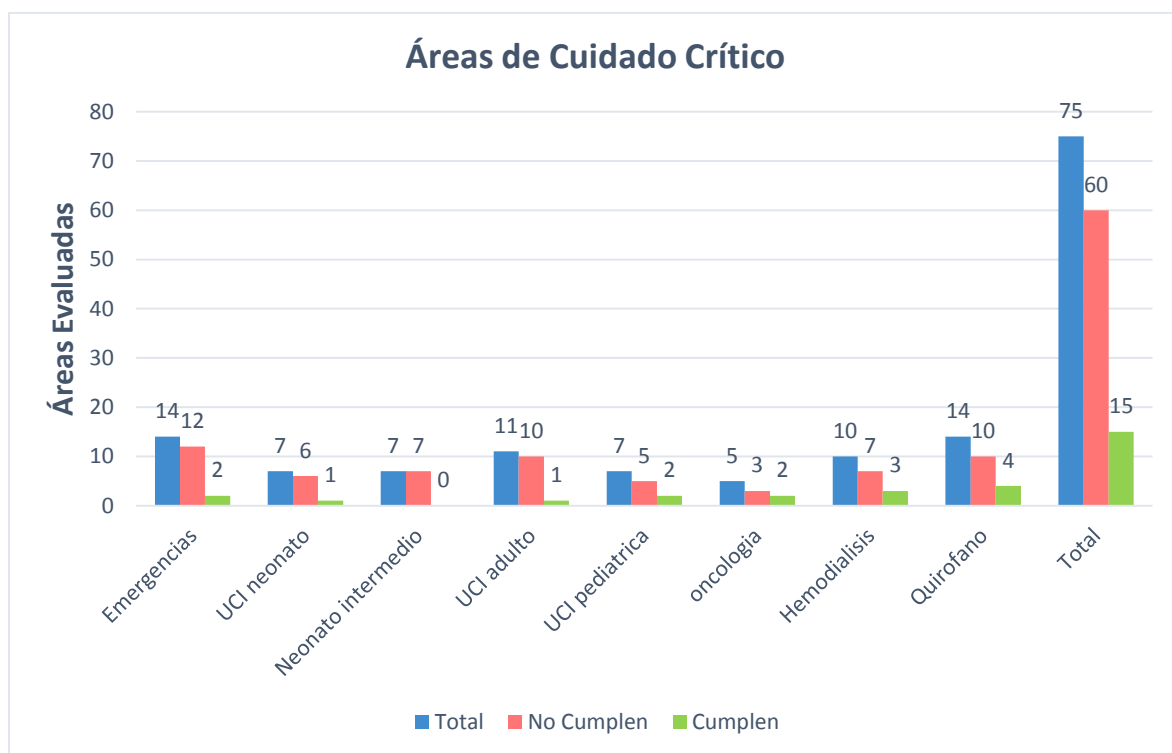
En áreas de cuidado crítico cada cama de paciente debe tener cuando menos dos circuitos, uno o más del sistema de emergencia y uno o más del sistema normal; cuando menos un circuito de emergencia debe estar localizado en el sitio de la cama debidamente identificado, también debe estar provista como mínimo de cuatro tomacorrientes (tipo sencillo o dúplex) estos deberán ser "tipo hospital" identificados y conectados a tierra mediante un conductor de cobre aislado. Un circuito que sirva para un tomacorriente especial o equipo de áreas de cuidado crítico puede ser alimentado por otro tablero. Se debe permitir un punto para puesta a tierra en la vecindad del paciente. Este punto, puede contener uno o más conectores preparados para ese propósito.<sup>4</sup>

Se evaluaron 75 áreas de cuidado crítico todas con al menos 2 sistemas derivados cada una, de las cuales 9 los tienen divididos correctamente, 32 están localizados junto a la cama y solo 12 de ellos están identificados; 15 áreas cumple con que los

<sup>4</sup> El CIEN no obliga la puesta a tierra de la vecindad de pacientes.

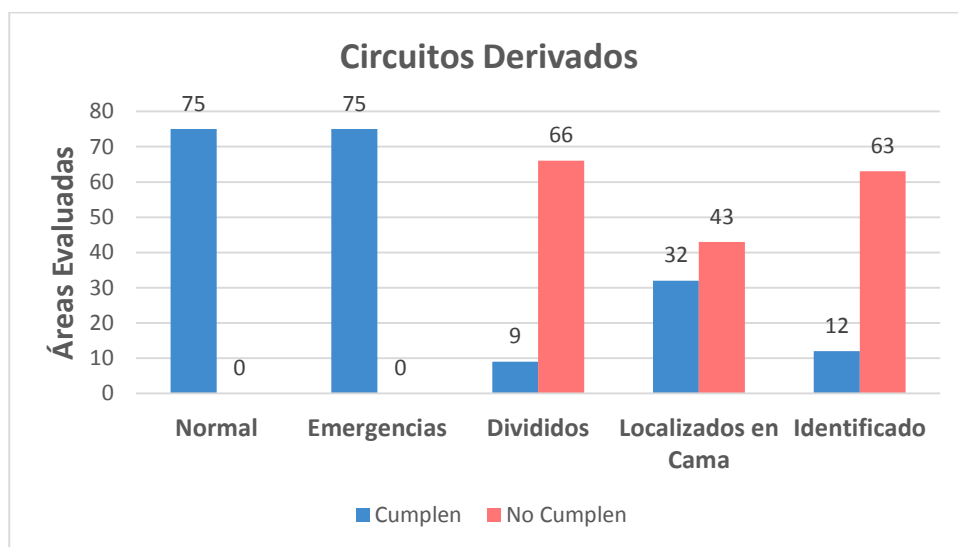
tomacorrientes sean del tipo hospital, aunque las cantidades de tomacorrientes en camas de paciente solo cumplen en las áreas con sistemas de energía aislados.

**Gráfico No.08: Tomacorrientes Tipo Hospital**



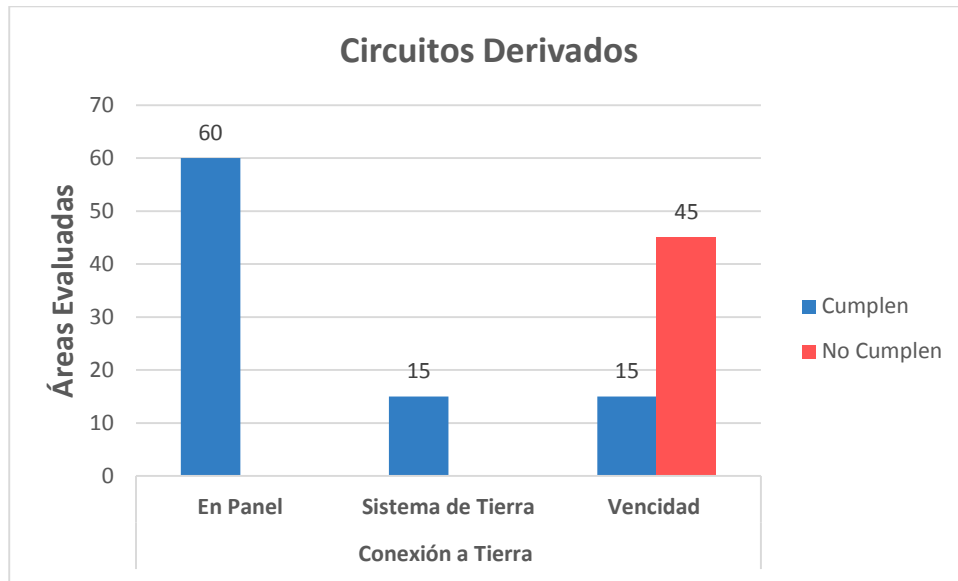
*Fuente: Formatos de Visitas*

**Gráfico No.09: Conexión de Circuitos Derivados a Sistemas**



*Fuente: Formatos de Visitas*

**Gráfico No 10: Conexión de Circuitos Derivados a Tierra**



*Fuente: Formatos de Visitas*

### **2.2.1.3. Locales de anestesia**

#### **a) Dentro de lugares peligrosos de anestesia.**

Cada circuito de energía debe aislarse de cualquier sistema de distribución mediante el uso de un sistema de energía aislado. Los tomacorrientes y enchufes deben contemplar la conexión de un conductor de puesta a tierra. Los cordones flexibles en áreas peligrosas para la conexión de equipos portátiles, incluso lámparas operando a más de 8 V entre conductores, deben ser certificados para uso extra rudo acorde a la Tabla 400- 4<sup>5</sup>, e incluir un conductor adicional de puesta a tierra y un dispositivo para almacenar el cordón flexible que no debe doblar el cordón a un radio menor a 76 mm.

Se encontraron 25 locales de anestesia de los cuales 22 son lugares peligrosos y 3 no peligrosos. Dentro de los lugares peligrosos se obtuvo que todos cuentan con la conexión a tierra, 13 están conectados a un sistema de aislado y 18 usan cordones certificados.

---

<sup>5</sup> Ver tabla en anexo 05.

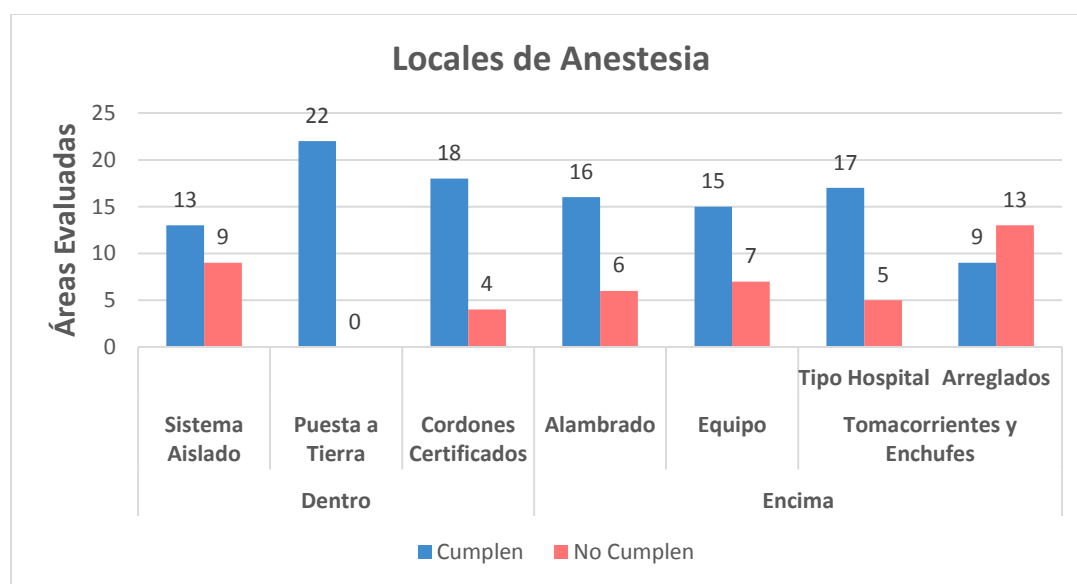


### b) Encima de locales de anestesia peligrosos.

El alambrado debe instalarse en conduit metálico rígido pared gruesa, con cable tipo MI, o cable tipo MC con una cubierta continua y metálica sellada al paso de vapores. El equipo instalado debe ser del tipo totalmente cerrado o contruidos de suerte que eviten el escape de chispas o partículas de metal caliente. Los tomacorrientes y enchufes localizados encima del área peligrosa de anestesia deben estar aprobados para uso en hospitales. Los tomacorrientes de 50 A deben diseñarse para no aceptar enchufes de 60 A. Los enchufes deben ser de 2 polos, 3 hilos con contacto para conectar el conductor aislado (verde o verde con rayas amarillas) de puesta a tierra del sistema eléctrico.

Encima de los peligrosos se obtuvo como resultado que 16 cumplen con las normas en los alambrados, 15 locales con el equipo instalado, en los tomacorrientes y enchufes 17 son de tipo hospital y solo 9 están arreglados.

**Gráfico No 11: Locales Peligrosos**



Fuente: Formatos de Visitas

**c) Locales de anestesia distintos a los peligrosos.**

El alambrado debe instalarse en canalización o cable metálico con retorno de tierra. Los tomacorrientes y enchufes instaladas y usadas en lugares distintos a los clasificados como peligrosos deben estar certificados para uso en hospital con conexión a tierra. Los tomacorrientes de 50 A deben diseñarse para no aceptar enchufes de 60 A.

De los 3 locales no peligrosos solo en 1 hay canalización, todos están conectados a tierra y ninguno está certificado para el uso en hospital y ninguno de los tomacorrientes está diseñada para no aceptar enchufes de 60 A.

**2.2.1.4. Área de Rayos X**

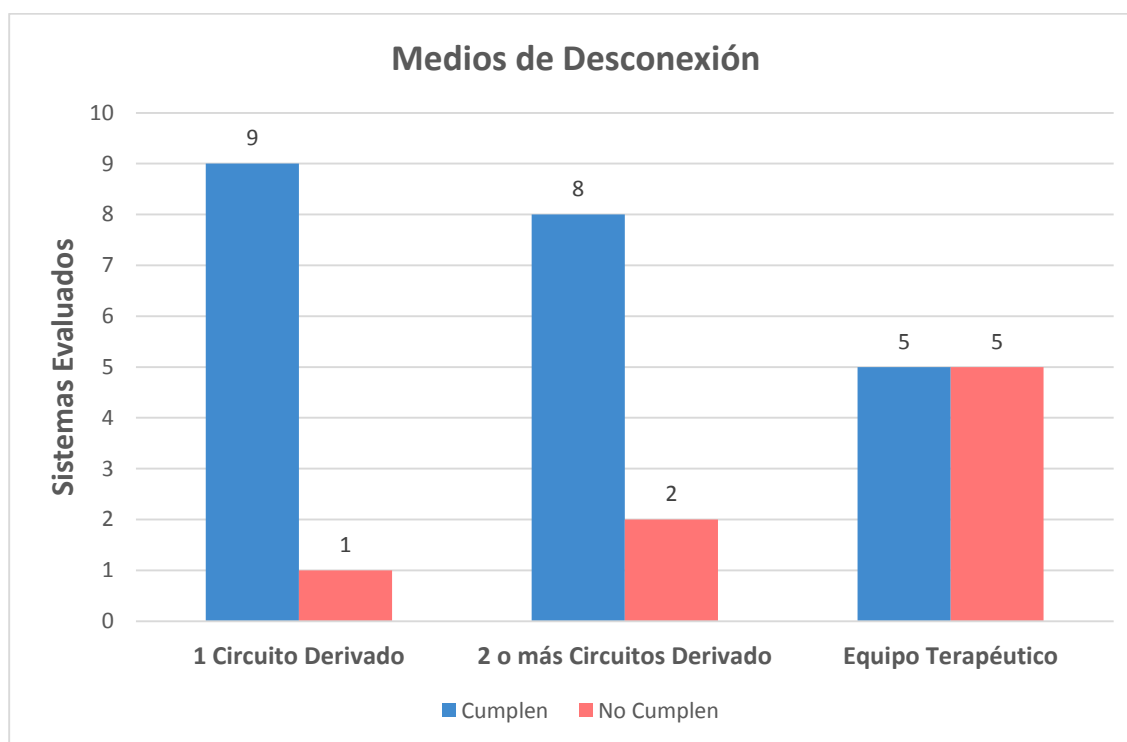
**a) Medios de desconexión.**

En los equipos de diagnóstico la capacidad de corriente de los conductores y dispositivos de protección contra sobrecorriente para un circuito derivado no deberá ser inferior al 50 por ciento de la capacidad de corriente de régimen momentáneo o el 100% del régimen prolongado, escogiendo el mayor de estos valores. La capacidad de corriente de los conductores y dispositivos de protección contra sobrecorriente de los alimentadores para dos o más circuitos derivados no debe ser menor del 50 por ciento de la corriente de régimen momentáneo del equipo más grande de rayos X, más un 25% de la corriente de régimen momentáneo de la siguiente unidad más grande, más 10% de la demanda momentánea de los otros equipos de diagnóstico médico de rayos X. Cuando se lleven a cabo exámenes simultáneos, los conductores de alimentación y los dispositivos de protección contra sobrecorriente deben ser del 100% del régimen momentáneo de la capacidad de corriente de cada unidad de rayos X.

En lo equipos terapéuticos la capacidad de los conductores y la capacidad de corriente de los dispositivos de sobrecorriente no serán menor del 100% de la capacidad de corriente del equipo de rayos X para terapia médica.

Se obtuvieron 10 sistemas de Rayos X de los cuales 9 cumplen con los requisitos para un circuito derivado, 8 para dos o más circuitos derivados y 5 para equipos terapéuticos.

**Gráfico No 12: Medios de Desconexión de Rayos X.**



*Fuente: Formatos de Visitas*

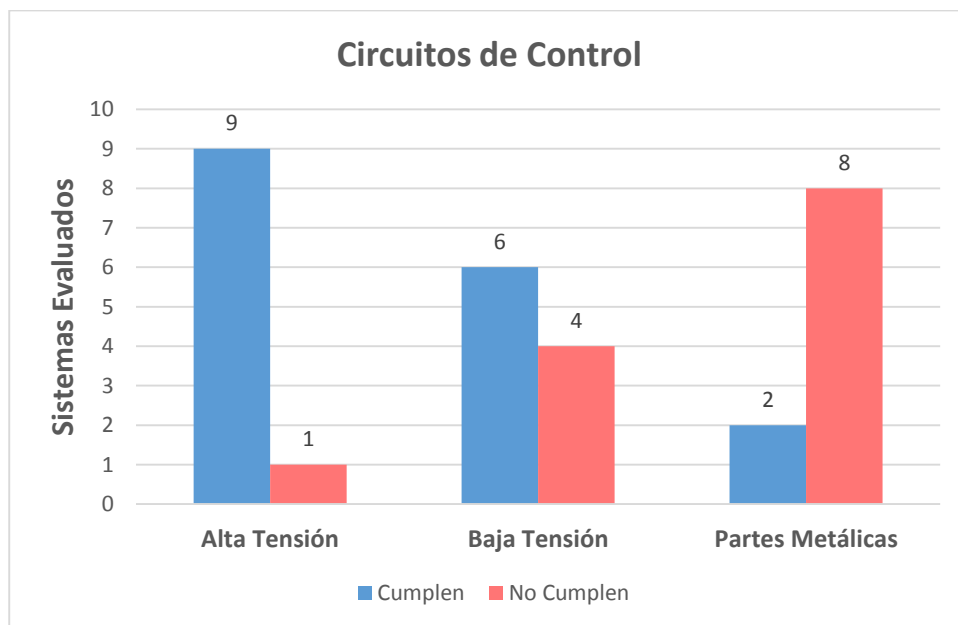
#### **b) Conductores del circuito de control.**

- **Partes de alta tensión.** Todas las partes de alta tensión, incluyendo los tubos de rayos X, deben montarse dentro de cubiertas puestas a tierra. Se usará aire, aceite, gas u otra sustancia aislante apropiada para aislar la alta tensión de la cubierta puesta a tierra. La conexión desde el equipo de alta tensión a los tubos de rayos X y otros componentes de alta tensión será hecha con cables de alta tensión con pantalla.

- **Cables de baja tensión.** Los cables de baja tensión que conectan unidades que no están completamente selladas, tales como transformadores, condensadores, enfriadores de aceite, e interruptores de alta tensión, deben tener aislamiento del tipo de aceite resistente.
- **Partes metálicas que no llevan corriente.** Las partes metálicas que no llevan corriente del equipo asociado a rayos X (controles, mesas, soportes de tubo de rayos X, tanque de transformadores, cables blindados, cabezales para tubo de rayos X, etc.) deben aterrizarse.

Todos los sistemas de rayos X en lo que respecta a circuito de control, cumplen con calibre y tipo de conductor, sin embargo, 9 de ellos cumplen con el inciso de alta tensión, 6 con el inciso de cables de baja tensión y solamente 2 con el de partes metálicas.

**Gráfico No. 13: Circuitos de Control de Rayos X.**



*Fuente: Formatos de Visitas*

### **III. Capítulo III: Análisis de resultados**

#### **3.1. Diagnóstico de la evaluación**

La evaluación de las instalaciones eléctricas hospitalarias demostró que anteriormente no se tomaba en cuenta los riesgos de los peligros eléctricos por choques eléctricos, en general las áreas hospitalarias estudiadas son instalaciones de vieja data y las instalaciones que son nuevas, la mayoría, están actualizadas con respecto a normativas eléctricas hospitalarias, lo que revela que se están adquiriendo conocimientos en dicho tema. Si bien existe gran cantidad de documentación y normas sobre instalaciones eléctricas hospitalarias que hay que tener especial cuidado en su interpretación, dado que sucesivas actualizaciones de conceptos divergen significativamente y convierten en obsoleta e incorrecta la versión original. Es por esto que todos los sectores involucrados deben asegurarse de tener la última versión vigente, cosa que no siempre sucede.

#### **3.2. Valoración del impacto socioeconómico**

La seguridad eléctrica en hospitales de Nicaragua en lo que respecta a higiene y seguridad ocupacional no se está aplicando como debería ser, por esto nace la necesidad de poner al día una norma de higiene y seguridad ocupacional en lo que respecta a instalaciones eléctricas en hospitales, tanto la salud de los pacientes como del personal médico está siendo puesta en peligro. Aunque el costo de la remodelación de las instalaciones eléctricas es alto el beneficio que traerá a los pacientes y médicos será mayor, tomando en cuenta que se reducirán riesgos de incendios lo cual traerá beneficio a la no contaminación del medio ambiente. Se debe poner mayor atención en la evaluación de las instalaciones eléctricas y la aplicación y actualización de las normas y así evitar incidentes que conlleven a sanciones y sucesos lamentables.

### **3.3. Valoración del impacto ambiental**

En la mayoría de los hospitales el procedimiento operativo estándar requiere un consumo de energía significativo para el calentamiento de agua, los controles de temperatura y humedad del aire en interiores, la iluminación, la ventilación y numerosos procesos clínicos que genera grandes costos financieros y emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, se puede ganar eficiencia energética sin sacrificarla calidad de la atención. Estudios recientes en países europeos reveló que “en hospitales que se utilizan energías limpias para su funcionamiento ocupan solo el 25% de la energía que usan, en promedio, los hospitales norteamericanos (320kWh/m<sup>2</sup>/año, por oposición a 820 kWh/m<sup>2</sup>/año) y proporcionan servicios de salud similares”. (Universidad de Washington, 2011)

Tanto una mayor eficiencia energética como una transición hacia el uso de fuentes de energías limpias renovables, por ejemplo, la energía eólica o la energía solar, pueden reducir significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero y proteger la salud pública de las innumerables consecuencias del cambio climático. Las energías alternativas limpias y renovables son una opción sensata tanto desde el punto de vista ambiental como económico, sobre todo cuando los mecanismos financieros están estructurados de manera de respaldar esta transición. Al mismo tiempo, dada la formidable demanda de energía del sector de la salud, la inversión de este sector puede cumplir un papel clave a la hora de cambiar las economías de escala y hacer de las energías alternativas una opción económicamente más viable para todos.

## IV. Capítulo IV: Estudio Económico

La elaboración del presente análisis se llevó a cabo mediante la entrevista tanto al personal administrativo como a los jefes de mantenimiento, además de información obtenida de terceras fuentes.

### 4.1. Análisis de la demanda

Para la elaboración del presente análisis, se va a desarrollar en dos temas: en primer lugar, la demanda que tiene cada hospital en el orden de atención al paciente y en segundo lugar, la demanda que tienen en la capacidad eléctrica estructural que puede ofertar.

#### 4.1.1. Análisis de la demanda en orden de atención

Uno de los elementos esenciales en el funcionamiento de sus instalaciones y equipos en establecimientos de salud es la energía eléctrica, donde la demanda está determinada por el comportamiento de las siguientes variables:

- Crecimiento poblacional (departamental)<sup>6</sup>
- Población Efectiva (atendidos promedio diario)
- Capacidad hospitalaria.

**Cuadro No 01: Demanda en Orden de Atención.**

Hospitales	% Población nacional <sup>7</sup>	Atenciones Diarias	Número de Camas
1	24%	2,096	227
2	24%	1,497	260
3	24%	1,682	210
4	24%	1,259	184
5	3.02%	358	63
6	5.87%	622	146
7	3.02%	807	163

<sup>6</sup> Fuente: *Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE)*

<sup>7</sup> Ver tabla 03 en anexo 05

#### 4.1.2. Análisis de la demanda eléctrica

Para la demanda en el suministro eléctrico, se toma en consideración los valores de la facturación de energía, donde se consideran los datos obtenidos en el periodo equivalentes a 1 año. A continuación se detalla el resumen de la información obtenida.

**Cuadro No 02: Demanda de Suministro Eléctrico.**

Hospital	Potencia Contratada (kW)	Consumo promedio		Demanda máxima (kW)	FP
		(kWh/mes)	(kWh/día)		
1	1,239	282,838.5	8,577.65	796	0.89
2	510	239,591.67	7,578.7	579	0.90
3	620	126,665	4,175.01	451	0.96
4	675	120,492.4	3,832.1	314	1
5	175	10,316.67	339.06	55	0.94
6	420	8,680	412.3	85	0.91
7	572	209,650	6,763	637	0.93

*Fuente: Entrevistas y Estadísticas de cada Hospital.*

#### 4.1.3. Relación de la demanda eléctrica y la demanda en orden de atención.

Para establecer una relación directa entre la demanda efectiva (atenciones diarias), se consideraran el promedio del consumo máximo de energía (kW) registrados mediante la facturación, en función a la siguiente formula:

*Ec. n<sub>o</sub> 01;*

$$Ratio = \frac{\text{Consumo máximo (kW)}}{n_o \text{ Promedio de atenciones diarias}}$$



**Cuadro No 03: Ratio Promedio Ponderado.**

Hospital	kW Máximos	Atenciones Diarias	Ratio
1	796	2,096	0.38
2	579	1,497	0.39
3	451	1,682	0.27
4	314	1,259	0.25
5	55	358	0.15
6	85	622	0.14
7	637	807	0.79

Habiendo obtenido el ratio promedio ponderado, se procede a estimar la demanda de consumo de energía con relación a la demanda efectiva proyectada<sup>8</sup>, teniendo en cuenta el índice de crecimiento poblacional de los departamentos, para lo cual utilizaremos en función a la ecuación n° 01, la proyección de la demanda de energía:<sup>9</sup>

*Ec. n° 02;*

$$\text{Consumo máximo (kW)} = \text{Ratio} * n_o \text{ Promedio de atenciones diarias}$$

**Cuadro No 04: Demanda de Consumo Futura.**

Demanda de Consumo Proyectada a 5 años según Consumo Máximo (kW)						
Hospital	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	796	923	1,043	1,158	1,286	1,440
2	579	672	759	842	935	1,047
3	451	523	591	656	728	816
4	314	364	412	457	507	568
5	55	64	72	80	89	99
6	85	99	111	124	137	154
7	637	739	835	927	1,029	1,152

<sup>8</sup> Ver tabla 04

<sup>9</sup> Ver tabla 05

## **4.2. Análisis de la oferta**

Se toma los valores que actualmente el centro médico ofrece en capacidad eléctrica estructural así como el crecimiento constante a través de los años, tanto en su capacidad hospitalaria como de sus servicios en general y que por medio de la remodelación de los sistemas eléctricos se verán beneficiados.

### **4.2.1. Análisis de la oferta en capacidad eléctrica estructural.**

Dada la antigüedad de algunos hospitales muestra, el sistema eléctrico ha sido modificado en innumerables ocasiones para satisfacer las necesidades de los diferentes servicios que estos prestan, no obstante, poseen grandes deficiencias. A continuación está el cuadro comparativo de la oferta actual eléctrica que brindan los hospitales muestra y la oferta futura que necesitaran para satisfacer los servicios hospitalarios, basado en los cálculos de la proyección de demanda de energía.

**Cuadro Nº 05: Oferta Eléctrica Estructural Hospital 1.**

<b>Oferta actual</b>	<b>Oferta futura</b>
Acometida principal con capacidad eléctrica adecuada	Acometida principal se mantiene igual, ya que la demanda es de un 74%
Paneles eléctricos de distribución	Cambio de paneles eléctricos, donde con el nuevo diseño, se mejorará la distribución eléctrica y se eliminarán todos aquellos que estén de más o en mal estado.
Sistema de Seguridad, con una planta eléctrica de emergencia (diésel), con capacidad desconocida a la demanda	Se pretende mantener la planta eléctrica actual, ya que satisface las necesidades del hospital, sin embargo se detallara la demanda a la misma.
Sistema de seguridad secundario, con una planta de emergencia. Solamente para atención del panel de emergencias.	Se pretende colocar otra planta eléctrica de igual capacidad para que el hospital quede doblemente respaldado al 100% y no solamente el panel crítico del hospital.
No se cuenta con una adecuada malla de Tierras (obsoleta)	Diseño e instalación de un adecuado sistema de malla de tierra
No se cuenta con un sistema ininterrumpido de electricidad (UPS).	Instalación de equipos para brindar sistema ininterrumpido de electricidad (UPS)
Insuficiencia en la capacidad eléctrica en varios servicios del hospital, dado a la implementación de nuevos equipos médicos a los salones	Mejoramiento en la distribución eléctrica de los servicios médicos. Donde va a depender de las necesidades de los mismos.
No cuenta con Sistemas Contra Incendios	Diseño e instalación de sistemas contra incendios adecuado a la instalación.

*Fuente: Propia*

**Cuadro No 06: Oferta Eléctrica Estructural Hospital 2.**

<b>Oferta actual</b>	<b>Oferta futura</b>
Acometida principal con capacidad eléctrica adecuada	Cambio de acometida principal, ya que la demanda máxima de energía es un 31% mayor que la potencia contratada.
Paneles eléctricos de distribución	Cambio de paneles eléctricos, donde con el nuevo diseño, se mejorará la distribución eléctrica y se eliminarán todos aquellos que estén de más.
Sistema de Seguridad, con una planta eléctrica de emergencia (diésel), con capacidad adecuada	Se pretende mantener la planta eléctrica actual, ya que satisface las necesidades del hospital.
Sistema de seguridad secundario con 2 plantas de emergencias. Solamente para atención del panel de emergencia	Se pretende colocar otra planta eléctrica para que el hospital quede doblemente respaldado al 100% y no solamente el panel crítico del hospital.
No se cuenta con una adecuada malla de Tierras (no existe)	Diseño e instalación de un adecuado sistema de malla de tierra
No se cuenta con un sistema ininterrumpido de electricidad (UPS).	Instalación de equipos para brindar sistema ininterrumpido de electricidad (UPS)
Insuficiencia en la capacidad eléctrica en varios servicios del hospital, dado a la implementación de nuevos equipos médicos a los salones	Mejoramiento en la distribución eléctrica de los servicios médicos. Donde va a depender de las necesidades de los mismos.
No cuenta con Sistemas Contra Incendios	Diseño e instalación de sistemas contra incendios adecuado a la instalación.

*Fuente: Propia*

**Cuadro No 07: Oferta Eléctrica Estructural Hospital 3.**

<b>Oferta actual</b>	<b>Oferta futura</b>
Acometida principal con capacidad eléctrica adecuada	Acometida principal se mantiene igual, ya que la demanda futura es de un 84%.
Paneles eléctricos de distribución	Cambio de paneles eléctricos, donde con el nuevo diseño, se mejorará la distribución eléctrica y se eliminarán todos aquellos que estén de más.
Sistema de Seguridad, con una planta eléctrica de emergencia, con capacidad adecuada	Se pretende mantener la planta eléctrica actual, ya que satisface las necesidades del hospital.
Sistema de seguridad secundario, con 2 plantas de emergencia. Solamente para atención del panel de emergencia	Se pretende colocar otra planta eléctrica de igual capacidad para que el hospital quede doblemente respaldado al 100% y no solamente el panel crítico del hospital.
No se cuenta con una adecuada malla de Tierras	Diseño e instalación de un adecuado sistema de malla de tierra

*Fuente: Propia*

**Cuadro No 08: Oferta Eléctrica Estructural Hospital 4.**

<b>Oferta actual</b>	<b>Oferta futura</b>
Acometida principal con capacidad eléctrica adecuada	Acometida principal se mantiene igual, ya que la demanda es de un 53%.
Paneles eléctricos de distribución	Cambio de paneles eléctricos, donde con el nuevo diseño, se mejorará la distribución eléctrica y se eliminarán todos aquellos que estén de más o en mal estado
Sistema de Seguridad, con una planta eléctrica de emergencia (diésel), con capacidad adecuada i	Se pretende mantener la planta eléctrica actual, ya que satisface las necesidades del hospital.
Sistema de seguridad secundario, con una planta de emergencia. Solamente para atención del panel de emergencia	Se pretende colocar otra planta eléctrica de igual capacidad a la para que el hospital respaldado al 100% y no solamente el panel crítico del hospital.
No se cuenta con una adecuada malla de Tierras	Diseño e instalación de un adecuado sistema de malla de tierra
No se cuenta con un sistema ininterrumpido de electricidad (UPS).	Instalación de equipos para brindar sistema ininterrumpido de electricidad (UPS)
Insuficiencia en la capacidad eléctrica en varios servicios del hospital, dado a la implementación de nuevos equipos médicos a los salones	Mejoramiento en la distribución eléctrica de los servicios médicos. Donde va a depender de las necesidades de los mismos.

**Cuadro No 09: Oferta Eléctrica Estructural Hospital 5.**

<b>Oferta actual</b>	<b>Oferta futura</b>
Acometida principal con capacidad eléctrica inadecuada	Cambio de acometida principal, ya que la demanda máxima de energía es un 16% mayor que la potencia contratada.
Paneles eléctricos de distribución	Cambio de paneles eléctricos, donde con el nuevo diseño, se mejorará la distribución eléctrica y se eliminarán todos aquellos que estén de más.
Sistema de Seguridad, con una planta eléctrica de emergencia (diésel), con capacidad adecuada inadecuada	Se pretende mantener la planta eléctrica actual, ya que satisface las necesidades del hospital.
Sistema de seguridad secundario, con 2 plantas de emergencia. Solamente para atención del panel de emergencia	Se pretende colocar otra planta eléctrica de igual capacidad para que el hospital respaldado al 100% y no solamente el panel crítico del hospital.
No se cuenta con una adecuada malla de Tierras	Diseño e instalación de un adecuado sistema de malla de tierra
No se cuenta con un sistema ininterrumpido de electricidad (UPS).	Instalación de equipos para brindar sistema ininterrumpido de electricidad (UPS)
Insuficiencia en la capacidad eléctrica en varios servicios del hospital, dado a la implementación de nuevos equipos médicos a los salones	Mejoramiento en la distribución eléctrica de los servicios médicos. Donde va a depender de las necesidades de los mismos.
No cuenta con Sistemas Contra Incendios	Diseño e instalación de sistemas contra incendios adecuado a la instalación.

*Fuente: Propia*

**Cuadro No. 10: Oferta Eléctrica Estructural Hospital 6.**

<b>Oferta actual</b>	<b>Oferta futura</b>
Acometida principal con capacidad eléctrica inadecuada	Cambio de acometida principal, ya que la demanda máxima de energía es un 16% mayor que la potencia contratada.
Paneles eléctricos de distribución	Se pretende mantener los actuales ya que satisfacen la necesidad del hospital
Sistema de Seguridad, con una planta eléctrica de emergencia (diésel), con capacidad adecuada inadecuada	Se pretende mantener la planta eléctrica actual, ya que satisface las necesidades del hospital.
Sistema de seguridad secundario, con una planta de emergencia. Solamente para atención del panel de emergencia	Se pretende colocar otra planta eléctrica de igual capacidad para que el hospital quede doblemente respaldado al 100% debido al crecimiento en infraestructura
No se cuenta con una adecuada malla de Tierras	Diseño e instalación de un adecuado sistema de malla de tierra
No se cuenta con un sistema ininterrumpido de electricidad (UPS).	Instalación de equipos para brindar sistema ininterrumpido de electricidad (UPS)
Insuficiencia en la capacidad eléctrica en varios servicios del hospital, dado a la implementación de nuevos equipos médicos a los salones	Mejoramiento en la distribución eléctrica de los servicios médicos. Donde va a depender de las necesidades de los mismos.
No cuenta con Sistemas Contra Incendios	Diseño e instalación de sistemas contra incendios adecuado a la instalación.

*Fuente: Propia*

**Cuadro No. Once: Oferta Eléctrica Estructural Hospital 7.**

<b>Oferta actual</b>	<b>Oferta futura</b>
Acometida principal con capacidad eléctrica adecuada	Cambio de acometida principal, ya que la demanda máxima de energía es un 16% mayor que la potencia contratada.
Paneles eléctricos de distribución	Cambio de paneles eléctricos, donde con el nuevo diseño, se mejorará la distribución eléctrica y se eliminarán todos aquellos que estén de más o en mal estado
Sistema de Seguridad, con una planta eléctrica de emergencia (diésel), con capacidad adecuada inadecuada	Se pretende mantener la planta eléctrica actual, ya que satisface las necesidades del hospital.
Sistema de seguridad secundario, con una planta de emergencia. Solamente para atención del panel de emergencia	Se pretende colocar otra planta eléctrica de igual capacidad a la para que el hospital respaldado al 100% y no solamente el panel crítico del hospital.
No se cuenta con una adecuada malla de Tierras	Diseño e instalación de un adecuado sistema de malla de tierra
No se cuenta con un sistema ininterrumpido de electricidad (UPS).	Instalación de equipos para brindar sistema ininterrumpido de electricidad (UPS).
Insuficiencia en la capacidad eléctrica en varios servicios del hospital, dado a la implementación de nuevos equipos médicos a los salones	Mejoramiento en la distribución eléctrica de los servicios médicos. Donde va a depender de las necesidades de los mismos.
No cuenta con Sistemas Contra Incendios	Diseño e instalación de sistemas contra incendios adecuado a la instalación.

*Fuente: Propia*



### 4.3. Costos de operación y mantenimiento

Al ser este un proyecto de mejora de las instalaciones eléctricas y que los impactos esperados serán básicamente en el ámbito de mantenimiento y el equipo industrial, se estiman solamente los costos de inversión en mantenimiento, tanto en mano de obra, repuestos y accesorios. Dentro de estos costos de operación y mantenimiento se considerarán los siguientes rubros:<sup>10</sup>

- Cambio de paneles eléctricos
- Adquisición e instalación de grupos electrógenos
- Renovación de la red de distribución (m)
- Mantenimiento e instalación de mallas de tierra (m)
- Instalación de sistemas UPS
- Instalación de sistemas contra incendios (m)

#### 4.3.1. Costo de la inversión

**Cuadro No. Doce: Costo de Inversión en cada Hospital.**

Hospital	Costo
1	\$ 2,027,250
2	\$ 1,605,275
3	\$ 32,010
4	\$ 818,720
5	\$ 286,172
6	\$ 950,560
7	\$ 931,265

*Fuente: Propia*

### 4.4. Estudio económico del uso de las energías renovables

Para caracterizar el consumo energético eléctrico de los hospitales, se usaron datos de consumo anual suministrado por empresas de servicios públicos, en este

---

<sup>10</sup> Ver tabla 06

caso el INE, además de información obtenida mediante encuestas realizadas en los hospitales muestra. Se contó con información tanto directa como indirecta por parte de los hospitales y se complementó la información con datos recogidos en estudios previos de eficiencia energética en hospitales.

Teniendo en cuenta que el consumo energético tiene relación con el número de camas y la zona climática, se consideraron hospitales de tres zonas climáticas y con base a los datos recogidos en las visitas, se determinaron los índices de consumo de energía eléctrica y energía térmica por zona climática y por cama. Con base a los datos recogidos en las encuestas, se determinaron los índices de consumo de energía eléctrica por zona climática. Los índices se presentan a continuación:

**Cuadro No Trece: Consumo de Energía Eléctrica por Zona Climática.**

Hospital	Zona climática	Número de Camas	Consumo de EE/Cama <sup>11</sup> (kWh/Cama)	Total de Consumo de EE (kWh/día)
1	III	227	54	12,258
2	III	260	54	14,040
3	III	210	54	11,340
4	III	184	54	9,936
5	II	63	41	2,583
6	II	146	41	5,986
7	II	163	46	7,498

*Fuente: Propia*

#### **4.4.1. Aplicación de sistemas fotovoltaicos para la iluminación**

La iluminación es un apartado que representa aproximadamente el 35% del consumo eléctrico dentro de una instalación del sector, dependiendo este porcentaje de varios factores: tamaño, fachada, aportación de iluminación natural, de la zona donde esté ubicada y del uso que se le dé a cada estancia dentro de la instalación. Es por ello que cualquier medida de ahorro energético en iluminación tendrá una repercusión importante en los costes. “Se estima que podrían lograrse

---

<sup>11</sup> Ver tabla 07

reducciones de entre el 20% y el 85% en el consumo eléctrico de alumbrado, merced a la utilización de componentes más eficientes, al empleo de sistemas de control y al aprovechamiento de la aportación de la luz natural”. (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. España, 2016)

En este caso, se considerará la implementación de sistemas fotovoltaicos para el sistema de iluminación de los hospitales muestra, tomando en cuenta el porcentaje de consumo de energía eléctrica por cama<sup>12</sup> y durante un período de utilización de 12 horas.

**Cuadro N.º Catorce: Consumo de Energía Eléctrica por Iluminación.**

Hospital	N.º de Camas	Consumo promedio (kWh/día)	Consumo Noche (kWh/día)	Consumo iluminación (kWh/día)
<b>1</b>	227	12,258	6,129	1,409.67
<b>2</b>	260	14,040	7,020	1,614.60
<b>3</b>	210	11,340	5,670	1,304.10
<b>4</b>	184	9,936	4,968	1,142.64
<b>5</b>	63	2,583	1,291.5	258.30
<b>6</b>	146	5,986	2,993	598.60
<b>7</b>	163	7,498	3,749	862.27

*Fuente: Propia*

#### **4.4.1.1. Cálculo del sistema fotovoltaico**

Para sintetizar los cálculos se tomará un valor comercial de capacidad de sistema fotovoltaico, estimando así la cantidad de sistemas (KITS) que se requerirán para el arreglo.

---

<sup>12</sup> Ver tabla 08

**Cuadro No. Quince: Cálculo de la Cantidad y Costo del Sistema Fotovoltaico.**

Cálculo del Sistema Fotovoltaico						Costo del Sistema	
Hospital	Consumo iluminación (kWh/día)	Radiación Solar kWh/m2/día	Potencia del Kit (kW)	Capacidad del kit (kWh/día)	Cantidad de SFV	Valor KIT FV	Total
<b>1</b>	1,409.67	6	4.6	27.6	51	\$ 8,000	\$ 408,000
<b>2</b>	1,614.60	6	4.6	27.6	59	\$ 8,000	\$ 472,000
<b>3</b>	1,304.10	6	4.6	27.6	47	\$ 8,000	\$ 376,000
<b>4</b>	1,142.64	6	4.6	27.6	41	\$ 8,000	\$ 328,000
<b>5</b>	258.30	5	4.6	23	11	\$ 8,000	\$ 88,000
<b>6</b>	598.60	5.5	4.6	25.3	24	\$ 8,000	\$ 192,000
<b>7</b>	862.27	5	4.6	23	38	\$ 8,000	\$ 304,000

*Fuente: Propia*

#### **4.4.2. Aplicación de calentador solar para duchas**

Se entiende por energía solar térmica a la transformación de la energía radiante solar en calor. Se plantea el uso de esta tecnología para el calentamiento de agua de forma directa o indirecta gracias a la utilización de paneles solares de baja temperatura (temperaturas inferiores a los 90°C). “Se asume que los sistemas solares tienen una eficiencia del 80% y suministran el 80% de la energía necesaria para el calentamiento de agua, el restante 20% es suministrado mediante energía eléctrica o gas natural dependiendo de la tecnología con la que cuente el hospital”. (Inter-American Development Bank, 2013)

En el caso de la energía solar térmica, la inversión es menor en las zonas térmicas más calientes, debido a la mayor radiación solar y la temperatura ambiente del agua más alta<sup>13</sup>. El costo de los sistemas de calentadores solares se dará según el número de camas en cada hospital y zona climática. Para determinar el consumo térmico por cama de los hospitales por zona climática se usaron los datos disponibles en el artículo brasileño *Energy consumption indicators and CHP technical potential in the Brazilian hospital sectors*. Los resultados se presentan a continuación:

---

<sup>13</sup> Ver imagen 03

**Cuadro No. Dieciséis: Consumo de Energía Térmica por Cama.**

Hospital	Zona climática	Número de Camas	Consumo de ET/Cama <sup>14</sup> (kWh/Cama)	Total de Consumo de ET kWh/día
1	III	227	29.7	6,741.9
2	III	260	29.7	7,722
3	III	210	29.7	6,237
4	III	184	29.7	5,464.8
5	II	63	7.8	491.4
6	II	146	7.8	1,138.8
7	II	163	37.9	6,177.7

Fuente: Propia

#### 4.4.2.1. Costo del sistema solar térmico

**Cuadro No. Diecisiete: Costo del Sistema Solar Térmico.**

Cálculo de costos				
Hospital	Costo m <sup>2</sup>	Costo mant. (m <sup>2</sup> /año)	m <sup>2</sup>	Costo Total
1	\$ 800,00	\$ 4,70	202	\$ 162,549.40
2	\$ 800,00	\$ 4,70	230	\$ 185,081.00
3	\$ 800,00	\$ 4,70	186	\$ 149,674.20
4	\$ 800,00	\$ 4,70	163	\$ 131,166.10
5	\$ 800,00	\$ 4,70	17	\$ 13,679.90
6	\$ 800,00	\$ 4,70	38	\$ 30,578.60
7	\$ 800,00	\$ 4,70	43	\$ 34,602.10

Fuente: Propia

#### 4.4.3. Análisis Costo/Efectividad

Con esta metodología podemos estimar como indicador el impacto del costo de energía en relación con el número de atenciones, comparando el estado actual con el estado con las propuestas energías renovables.

<sup>14</sup> Energy consumption indicators and CHP technical potential in the Brazilian hospital sectors

**Cuadro No Dieciocho: Estimación Costo/Efectividad**

Período	Actual				Con Propuesta			
Hospital	Consumo (kWh/día)	Demanda (Atenciones)	Costo consumo (C\$)	C/E	Consumo (kWh/día)	Demanda (Atenciones)	costo consumo (C\$)	C/E
1	8,577.65	2,096	73,633.99	35.13	7,785.99	2,096	66,838.04	31.89
2	7,578.70	1,497	59,944.72	40.04	7,488.02	1,497	59,227.51	39.56
3	4,175.01	1,682	34,447.00	20.48	3,442.64	1,682	28,404.35	16.89
4	3,832.10	1,259	31,617.73	25.11	3,190.40	1,259	26,323.22	20.91
5	339.06	358	3,537.04	9.88	210.96	358	2,200.71	6.15
6	412.30	622	4,301.07	6.91	115.43	622	1,204.19	1.94
7	6,763.00	807	70,550.85	87.42	6,193.18	807	64,606.55	80.06

*Fuente: Propia*

Los resultados del cuadro anterior, respecto al C/E, nos da una clara comparación sobre la actual situación y la propuesta, siendo esta última menor con una diferencia de entre el 1.2% al 72%, dando cuenta que el costo de energía por cada atención disminuirá.

#### **4.4.4. Análisis de recuperación de la inversión.**

Para el análisis de recuperación de la inversión se tomarán los valores del costo de energía eléctrica y térmica, y los valores de los costos de los sistemas, obteniendo los años de recuperación mediante la siguiente ecuación en un procedimiento lineal de inversión/costo:

*Ec. n° 03;*

$$\text{Años de recuperacion} = \frac{\text{Costo del sistema}}{\text{Costo de la energia utilizada anual}}$$

Dando como resultado para ambos sistemas en cada hospital:

**Cuadro No Diecinueve: Recuperación de la Inversión para el Sistema Fotovoltaico.**

Hospital	Costo SFV	Costo EE Anual en \$	Años de Recuperación
1	\$ 408,000	\$ 155,228.83	2.63
2	\$ 472,000	\$ 163,819.68	2.88
3	\$ 376,000	\$ 138,022.43	2.72
4	\$ 328,000	\$ 120,933.94	2.71
5	\$ 88,000	\$ 34,564.65	2.55
6	\$ 192,000	\$ 80,102.22	2.40
7	\$ 304,000	\$ 115,385.46	2.63

*Fuente: Propia*

**Cuadro N° veinte: Recuperación de la Inversión para el Sistema Térmico.**

Hospital	Costo ET Anual \$	Costo del ST	Años de Recuperación
1	\$ 718,450.42	\$162,549.40	0.23
2	\$ 758,211.70	\$185,081.00	0.24
3	\$ 638,813.51	\$149,674.20	0.23
4	\$ 559,722.31	\$131,166.10	0.23
5	\$ 63,635.95	\$ 13,679.90	0.21
6	\$ 147,473.79	\$ 30,578.60	0.21
7	\$ 800,007.75	\$ 34,602.10	0.04

*Fuente: Propia*

## **V. Propuesta de Normativa de Higiene y Seguridad Ocupacional en Hospitales de Nicaragua.**

### **ARTICULO 517 - INSTALACIONES EN LUGARES DE CUIDADOS DE LA SALUD**

#### **A. General**

**517-1. Alcance.** Las previsiones de este Artículo deben aplicarse a los criterios para la construcción e instalación en áreas de cuidados de la salud.

Nota 1: Este Artículo no se aplica en instalaciones veterinarias.

Nota 2: Para información concerniente al criterio en la ejecución, mantenimiento y pruebas, referirse a los documentos apropiados para instalaciones en lugares de cuidados de la salud.

**517-2. General.** Los requisitos de las partes B y C se aplican no solamente a edificios con funciones sencillas sino también a aquellos en forma individual considerando sus respectivas formas de trabajo y que estén dentro de un edificio de multifunciones (por ejemplo un cuarto de examen de un doctor localizado dentro de un sanatorio requiere que se apliquen las previsiones de la sección 517-10).

#### **517-3. Definiciones.**

**Fuentes de Energía Alterna:** Se permiten uno o más sistemas de generación o de baterías, con la función de proveer la energía durante la interrupción del sistema de suministro normal.

**Locales para anestesia:** Cualquier área en una instalación para el cuidado de la salud, que ha sido diseñada para ser utilizada para la aplicación de agentes anestésicos de inhalación flamable o no flamable durante el curso de un examen o tratamiento incluyendo el uso de tales agentes para tratamientos de emergencia.



**Circuitos derivados críticos:** Los circuitos secundarios de un sistema de emergencia consistente de alimentadores y circuitos derivados suministrando energía para actividades de iluminación, circuitos especiales de energía, y receptáculos seleccionados, que sirven en áreas y funcionan en lo relacionado con el cuidado de los pacientes, y los cuales están conectados a fuentes de energía alterna por uno o más interruptores de transferencia durante la interrupción de la fuente normal de energía, deben entenderse como circuitos derivados críticos.

**Equipo Eléctrico de soporte para la vida:** Equipo eléctricamente alimentado cuya operación continua es necesaria para mantener la vida de un paciente.

**Sistemas de emergencia:** Un sistema constituido por alimentadores y circuitos derivados que cumplen con los requerimientos del Artículo 700, destinados a suministrar energía alterna a un número limitado de funciones consideradas vitales para la protección de la vida y la seguridad del paciente, con restablecimiento automático de la energía dentro de 10 segundos después de la interrupción .

**Sistemas de equipamiento:** Un sistema de alimentadores y circuitos derivados arreglados para retrasar la conexión automática o manual a las fuentes de energía alterna y que suministra energía primordialmente a equipos trifásicos.

**Sistema eléctrico esencial:** Un sistema constituido por fuentes alternas de energía y todos los sistemas de distribución conectados y equipo auxiliar destinado para asegurar la continuidad de la energía eléctrica para áreas específicas y funciones e instalaciones del cuidado de la salud durante la interrupción de la fuente normal de energía y también destinado para minimizar disturbios dentro de los sistemas internos de la instalación eléctrica.

**Superficies conductoras expuestas:** Superficies que son capaces de transportar corriente eléctrica y las cuales están desprotegidas, no encerradas o no resguardadas, y que permiten el contacto del personal. La pintura, la

galvanización, y recubrimientos similares, no se consideran aislamientos adecuados, a menos que sean certificados para ese uso.

**Anestésicos inflamables:** Gases o vapores tales como el fluoreno, ciclopropano éter divinilo, cloruro etílico, éter etílico, y etileno los cuales pueden formar mezclas flamables o explosivos con el aire, oxígeno o gases reductores tales como el óxido nitroso.

**Áreas con anestésicos inflamables:** Cualquier área de la instalación que ha sido diseñada para ser usada en la administración de cualquier agente anestésico inhalador inflamable, en el curso normal de una evaluación o tratamiento.

**Corriente peligrosa:** La corriente total que fluye a través de una baja impedancia entre cualquiera de los conductores aislados y tierra, para un juego dado de conexiones en un sistema de energía aislado.

**Corriente peligrosa de falla:** La corriente peligrosa de un sistema aislado con todos los dispositivos conectados excepto el monitor de la línea de aislamiento.

**Instalaciones para el cuidado de la salud:** Edificios o partes de edificios que contienen pero no están limitadas a la ocupación para fines tales como: hospitales, casas de enfermería, instalaciones para el cuidado y custodia residencial, instalaciones para el cuidado y supervisión, clínicas, oficinas médicas y dentales, e instalaciones ambulantes para el cuidado de la salud, ya sean fijas o móviles.

**Hospital:** Un edificio o parte de él usado para el cuidado médico, psiquiátrico, obstétrico o quirúrgico. Un hospital, siempre que se use en éste Código deberá incluir hospitales generales, hospitales mentales, hospitales para tuberculosis, hospitales para niños, y cualquier instalación en la cual se provea cuidado de pacientes.

**Sistemas aislados:** Un sistema comprendiendo un transformador de aislamiento o su equivalente, un monitor de línea aislada, y sus circuitos conductores no puestos a tierra.

**Transformador de aislamiento:** Un transformador del tipo multidevanado, con el devanado primario y secundario físicamente separados, que se acoplan inductivamente.

**Circuitos de seguridad vital:** Un subsistema del sistema de emergencia, que consiste de alimentadores y circuitos derivados, los cuales cumplen los requerimientos del artículo 700 y son usados para proveer necesidades de energía adecuadas para asegurar la seguridad de los pacientes y del personal, los cuales se conectan automáticamente a una fuente de energía alterna durante la interrupción de la fuente de energía normal.

**Monitor de línea de aislamiento:** Un instrumento de pruebas diseñado para comprobar continuamente la impedancia balanceada y desbalanceada de cada línea de un circuito aislado a tierra, y equipado con un circuito de prueba incorporado para probar la alarma sin incluir la corriente peligrosa de fuga.

(El "monitor indicador de línea de aislamiento" fue anteriormente conocido como "indicador de contacto a tierra").

**Casa de enfermeras:** Un edificio o parte de él usado para hospedaje, junta directiva y cuidado por enfermeras, en una base de 24 horas, para cuatro o más personas, quienes debido a incapacidad mental o psíquica, podrían estar imposibilitadas para proveerse su propia seguridad y necesidades, sin la asistencia de otra persona.

Las casas de enfermeras, de acuerdo como se usan en éste Código deben incluir casas de enfermeras y de convalecencia, instalaciones para enfermeras calificadas, instalaciones de cuidado intermedio y casas para personas de edad avanzada.

**Puestos de enfermeras:** Áreas destinadas para proveer un centro de actividad para enfermeras o grupos de enfermeras atendiendo camas de pacientes, donde las llamadas de los pacientes son recibidas, se envía a las enfermeras para atenderlos, áreas para notas escritas para las enfermeras, preparación de recetas de pacientes, y preparación de medicamentos para la distribución de los pacientes. Donde tales actividades se llevan a cabo en más de un lugar dentro de una unidad de enfermeras, todas esas áreas separadas son consideradas como una parte del puesto de enfermeras.

**Áreas para el cuidado de pacientes:** Áreas de una instalación para el cuidado de la salud en la cual el cuidado de los pacientes es administrado y clasificado como una área de cuidado general, área de cuidado crítico, y lugares con humedad. Es la responsabilidad del cuerpo de administración de la instalación, designar estas áreas de acuerdo con el tipo de cuidado del paciente y con las siguientes definiciones de los tres tipos de áreas.

- 1) Áreas de cuidado general son las de recámaras para pacientes, cuartos para auscultación, cuartos para tratamientos clínicos, y áreas similares en los cuales se pretende que el paciente debe estar en contacto con dispositivos ordinarios tales como un sistema de llamado a enfermeras, camas eléctricas, lámparas de auscultación, teléfonos, y dispositivos de mantenimiento. En tales áreas, puede ser también necesario que los pacientes se conecten a dispositivos electromédicos (tal como termocobertores, electrocardiógrafos, bombas de drene, monitores, otoscopios, oftalmoscopios, líneas intravenosas periféricas, etc.).
- 2) Áreas de cuidado crítico son aquellas unidades de cuidado especial como: Unidades de cuidado intensivo, unidades de cuidado de las coronarias, laboratorios de angiografía, laboratorios de caterización cardíaca, cuartos de expulsión, cuartos de operaciones, y áreas similares en las cuales los pacientes son sujetos a procedimientos intensivos y conectados a dispositivos electromédicos.

- 3) Lugares húmedos son aquellas áreas de cuidado de pacientes que estén normalmente sujetas a condiciones de humedad, incluyendo agua estancada en el piso o áreas mojadas o empapadas en forma rutinaria.

**Puntos de aterrizamiento para equipo de pacientes:** un contacto o barra terminal, el cual está destinado como punto colector para puesta a tierra redundante de dispositivos eléctricos, sirviendo en la vecindad de un paciente, o para aterrizar otros dispositivos, con objeto de eliminar problemas de interferencia electromagnética.

**Vecindad de un paciente:** Área destinada normalmente para el cuidado de pacientes, la vecindad de un paciente, es el espacio con superficies las cuales están en contacto con el paciente o un asistente que puede tocar al paciente. Típicamente en un cuarto de paciente, esto encierra un espacio dentro del cuarto al menos de 1.80 m más allá del perímetro de la cama en su ubicación normal y extendiéndose verticalmente a no menos de 2.3 m sobre el piso.

**Hospital psiquiátrico:** Un edificio usado exclusivamente para el cuidado psiquiátrico, en una base de 24 horas con 4 o más pacientes.

**Punto de referencia a tierra.** La barra a tierra del tablero de distribución o del equipo del sistema aislado que suministra energía al área de cuidado del paciente.

**Instalaciones de cuidado y custodia residencial:** Un edificio o parte de él usado para la atención de 4 o más personas que pueden ser incapaces de su propia preservación debido a limitaciones físicas o mentales; esto incluye instalaciones tales como casas para ancianos, enfermería (cuidado para niños menores de 6 años de edad), e instituciones para el cuidado de retrasados mentales. Instalaciones para cuidados diurnos que no proporcionan la atención continua de pacientes, no están clasificados como tales.

**Tomacorrientes seleccionados:** El número mínimo de tomacorrientes eléctricos para utilizar equipos normalmente requeridos para tareas locales o para las que generalmente se usan en el cuidado de los pacientes en caso de emergencia.

**Tomacorriente ‘Tipo Hospital’:** Es un tomacorriente puesto a tierra y que es identificado por un punto verde en la parte frontal del mismo, de tal manera que es fácilmente visible por el personal. La intención de utilizar este tipo de tomacorriente es asegurar que al paciente de estado crítico no sean alcanzados por golpes eléctricos causados por cualquier equipo de emergencia que se conecte a éste.

**Iluminación en lugares de trabajo:** Proveer el mínimo de iluminación requerido para llevar a cabo los trabajos o tareas necesarias en las áreas descritas, incluyendo acceso de seguridad a equipos y suministros, y acceso a las salidas.

**Equipo Terapéutico de alta frecuencia diatérmico:** Es un equipo terapéutico de calentamiento dieléctrico y por medio de inducción.

**Instalaciones de rayos X (Régimen prolongado):** Es el régimen basado en un intervalo de operación de 5 minutos o más.

**Instalaciones de rayos X (Móvil):** Un equipo de rayos X, montado sobre una base con ruedas u otra construcción que le permite ser movido mientras permanece completamente ensamblado.

**Instalaciones de rayos X (Régimen momentáneo):** Régimen basado en un intervalo de operación que no exceda de los 5 segundos.

**Instalaciones de rayos X (Portátil):** Equipos de rayos X que pueden ser cargados manualmente por una persona.

**Instalaciones de rayos X (Transportable):** Equipo de rayos X para ser instalado en un vehículo o que puede ser desarmado para transportarlo en un vehículo.

## **B. Alambrado y protección**

**517-10. Aplicabilidad.** La parte B debe aplicarse a todos los lugares para el cuidado de la salud.

*Excepción No. 1. La parte B no debe aplicarse para oficinas de negocios, corredores, salas de espera, oficinas médicas y dentales e instalaciones para consulta externa.*

*Excepción No. 2. La parte B no será aplicada a áreas de camas de residentes, en casas de enfermeras e instalaciones de cuidado residencial, alambrado de acuerdo con los Capítulos 1 a 4 de éste Código.*

*Excepción No. 3. La parte B no debe aplicarse a áreas vacías usadas como casa de enfermeras y es proporcionado como instalaciones de cuidado residencial.*

**517-11. Criterios generales de instalación y construcción.** El fin de esta sección es especificar los criterios de instalación y métodos de alambrado para minimizar los peligros eléctricos por el mantenimiento de superficies conductoras expuestas que pueden energizarse y en las cuales el paciente puede tener contacto.

**517-12. Métodos de alambrado.** Los métodos de alambrado deben cumplir con los Capítulos del 1 al 4 de éste Código excepto lo que se menciona en este artículo.

**517-13. Conexión a tierra de contactos y equipos eléctricos fijos.**

**a). Áreas de cuidado de pacientes.** En las áreas usadas para el cuidado de los pacientes, las terminales de puesta a tierra de todos los tomacorrientes y todas las superficies no conductoras de corriente de los equipos eléctricos fijos que pueden estar energizados y sujetos a contacto con personas funcionando a más de 100V, deberán ser puestos a tierra por un conductor de cobre aislado. El conductor de puesta a tierra deberá ser seleccionado de acuerdo con la tabla 250-95 e instalado en canalizaciones metálicas con los conductores del circuito derivado que alimentan estos tomacorrientes o equipo fijo.

*Excepción No. 1. Donde se usen cables tipo MC, MI, o AC que tengan un conductor de puesta a tierra aislado, no se requiere canalización metálica.*

*Excepción No. 2. Las placas metálicas pueden ser puestas a tierra por medio de tornillos metálicos, los cuales fijan la placa a la caja de salida puesta a tierra o a un dispositivo de alambrado puesto a tierra.*

**b). Métodos.** En adición a los requerimientos de la sección 517-13(a), todos los circuitos derivados que alimentan las áreas de cuidado de pacientes deben proveerse de una trayectoria a tierra para corriente de falla por medio de un sistema de canalización metálica o cable armado. El sistema metálico de canalización o cable armado o un ensamble debe calificarse como un equipo de retorno de tierra, de acuerdo con la sección 250-91(b), Los cables tipo MC y MI, deben tener una armadura exterior de metal o cubierta que esté identificada como un sistema eficiente de conexión a tierra.

**517-14. Puenteado de tableros de distribución.** La puesta a tierra de las terminales de los equipos tanto normales como de circuitos esenciales utilizados en la vecindad del paciente deben ser puenteados con conductores de cobre aislados con sección no menor de 5.260 mm<sup>2</sup>. Donde hay más de dos tableros que sirven al mismo lugar estos conductores deben ser continuos de un tablero a otro pero se permite que se conecten para terminar en la barra de tierra en cada tablero.

**517-16. Tomacorrientes con terminal de tierra aislada.** Los tomacorrientes con terminal de tierra aislada, permitidos en la sección 250-74, excepción No. 4, deben ser identificados. Tal identificación debe ser visible después de su instalación.

Nota: Es importante tener cuidado al especificar el sistema de contactos con terminal de tierra aislada, puesto que la impedancia de puesta a tierra es



controlada sólo por medio de conductores con conexión a tierra y no se beneficia funcionalmente con ningún otro trayecto paralelo con conexión a tierra.

#### **517-17. Protección contra fallas a tierra:**

**a) Alimentadores.** Cuando los medios de desconexión principal de la acometida están provistos de protección contra fallas a tierra, se debe proveer por lo menos una o más etapas de protección hacia la carga en cada uno de los alimentadores. Tales protecciones están formadas de dispositivos contra sobrecorriente y transformadores de corriente u otro equipo de protección equivalente, que provoque la apertura de los dispositivos de desconexión del alimentador.

**b) Selectividad.** Las protecciones contra fallas a tierra para la operación de los medios de desconexión de la acometida y el alimentador deben ser selectivas, de manera que la falla a tierra abra el dispositivo del alimentador y no el de la acometida, si la falla está en el lado de la carga del dispositivo del alimentador. Se debe prever una separación de 6 ciclos, por lo menos, entre las bandas de desconexiones de la acometida y de los alimentadores. El tiempo de funcionamiento de los dispositivos de desconexión debe ser considerado al determinar la separación entre las dos bandas, para una precisión de 100% de la selectividad.

Véase la nota de la sección 230-95 para la transferencia a fuente alterna cuando se utilizan métodos de protección contra fallas a tierra.

**c) Pruebas.** Cuando el equipo de protección de falla a tierra es instalado, debe ser probado para asegurarse que cumple con el inciso b) de esta sección.

#### **517-18. Áreas de Cuidado General.**

**a) Circuitos localizados en camas de pacientes.** Cada cama de paciente debe ser alimentada por al menos dos circuitos derivados, al menos uno desde el tablero del sistema normal y el otro del de emergencia. Todos los circuitos derivados del sistema normal deben originarse del mismo tablero.

*Excepción No. 1: Un circuito que alimente solamente a una salida o tomacorriente para un propósito especial tal como una salida para equipo de rayos X portátil no se requiere que sea alimentado desde el mismo tablero de distribución.*

*Excepción No. 2: Clínicas, oficinas médicas o dentales, centros de diagnóstico, psiquiatra, drogadicción, hospitales de rehabilitación, residencia de custodia deben seguir cuidadosamente los requerimientos de la sección 517-10.*

**b) localización de contactos junto a camas.** Cada cama de paciente, debe estar provista como mínimo de cuatro tomacorrientes, ellos deberán ser del tipo sencillo o dúplex o una combinación de éstos. Todos los tomacorrientes deberán ser "tipo hospital" y así identificarlos.

Cada tomacorriente debe estar puesto a tierra por medio de un conductor de cobre aislado, de acuerdo con la tabla No. 250-95.

*Excepción No. 1: Los hospitales psiquiátricos, de drogadicción y de rehabilitación deben reunir los requerimientos de excepción de la sección 517-10.*

*Excepción No. 2: Los cuartos de seguridad psiquiátrica no requieren salidas de contactos.*

Nota: Si no se ha pensado en el cambio total e inmediatamente de los tomacorrientes "tipo no hospital", para cuando su uso se vea modificado o se renueven los tomacorrientes, según sea necesario, se cambiará a "tipo hospital".

c) **Sitio de Pediatría.** Los contactos de 15 y 20 A, 120 V que alimentan áreas de pediatría deben contar con una protección resistente. Para el propósito de esta sección, un contacto con protección resistente está construido de tal forma que evite el fácil acceso a las partes energizadas.

## **517-19. Áreas de Cuidado Crítico.**

**a) Localización de circuitos en camas de pacientes.** Cada cama de paciente debe tener cuando menos dos circuitos, uno o más del sistema de emergencia y uno o más de uno del sistema normal; cuando menos un circuito de emergencia debe estar localizado en el sitio de la cama. Todos los circuitos del sistema normal deben estar en un mismo tablero. Los tomacorrientes del sistema de emergencia deben estar identificados, y también debe indicar el tablero el número de circuitos de ellos. Un circuito que sirva para un tomacorriente especial o equipo de áreas de cuidado crítico puede ser alimentado por otro tablero.

**b) Tomacorrientes localizados en cama de pacientes.** Cada zona de cama para paciente, debe estar provista con un mínimo de seis tomacorrientes, puede ser tipo sencillo o doble, o una combinación de ellos. Todos los tomacorrientes deben de ser del tipo "hospital" y estar así certificados; cada contacto debe de estar puesto a tierra a un punto de referencia a tierra por medio de un conductor aislado de cobre.

**c) Puesta a tierra en la vecindad de pacientes y puenteado (opcional).** Se debe permitir un punto para puesta a tierra en la vecindad del paciente. Este punto, puede contener uno o más conectores preparados para ese propósito. Un conductor de equipo de sección transversal no menor de 5.260 mm<sup>2</sup>, debe ser utilizado para referir a tierra la terminal de todas las tierras. El conductor a tierra debe permitirse que sea radial o en anillo según convenga.

Nota: Cuando no sea posible referir a tierra el equipo directamente, es importante que la distancia entre la tierra de referencia y la línea de tierra sea lo más corta posible, para minimizar cualquier diferencia de potencial.

**d) Puesta a tierra del tablero.** Cuando se tiene un sistema eléctrico de distribución puesto a tierra, y se usa ya sea canalización metálica o cable tipo MC o MI la puesta a tierra del tablero o interruptor, debe asegurarse por una de las

siguientes maneras en cada terminación o punto de unión de la canalización o del cable tipo MC o MI:

- 1) Un conector de puesta a tierra y un puente de unión de cobre dimensionado o firmemente conectado al conector de cobre del tamaño y de acuerdo con la sección 250-95 con el puente de unión conectado a la unión de la cubierta o a la barra de tierra del tablero.
- 2) La conexión de canalizaciones o de cable tipo MC o MI por medio de terminales roscadas.
- 3) Otros accesorios apropiados tales como puentes de unión o conectores.

**e) Técnicas de protección adicional en áreas críticas (opcional).** En sistemas aislados de potencia, se puede permitir su uso en áreas de cuidado crítico, y si se usan los equipos de sistemas aislados de potencia deben ser certificados para ese propósito, y el sistema debe ser diseñado e instalado para estar de acuerdo con la sección 517-160.

*Excepción: Los indicadores audibles y visibles de la línea aislada del monitor se permite que se localicen en la estación de enfermeras del área que sea alimentada.*

**f) Puesta a tierra del sistema aislado de potencia.** Cuando una fuente de potencia aislada no puesta a tierra sea usada y se limite la primera falla de corriente a una baja magnitud el conductor de tierra asociado con el circuito secundario se permite que salga de la canalización de los conductores de potencia en el mismo circuito.

Nota: Algunas veces es permitido que se lleve el conductor de tierra fuera de la tubería, si es seguro que los conductores de potencia sean provistos de una protección de una segunda falla a tierra.

**g) Contactos puestos a tierra para un propósito especial.** El conductor puesto a tierra para equipo del propósito especial tal como la operación de un equipo móvil de rayos X, deberá estar extendido hasta el punto de referencia a tierra del circuito para todas las probables localizaciones alimentadas desde el contacto. Cuando este circuito se alimente desde un sistema con tierra aislada, el conductor de tierra no se requiere que vaya con los conductores de potencia; ahora bien, la terminal del equipo puesto a tierra desde un contacto especial para ese propósito, debe estar conectado al punto de referencia de tierra.

#### **517-20. Locales Húmedos.**

**a) Protección.** Todos los tomacorrientes y equipos fijos dentro del área del local húmedo deben tener una protección para el personal con interruptor de falla a tierra, si la interrupción de potencia bajo condiciones de falla puede ser tolerada o debe ser alimentado por un sistema aislado de energía si tal interrupción no puede ser tolerada.

*Excepción: En circuitos que alimenten solamente equipos de diagnóstico terapéutico fijo se puede permitir que sean alimentados desde un servicio puesto a tierra normal, por un sistema a una o tres fase, provisto de:*

- a) Conductor de tierra y circuito aislado que no ocupe la misma canalización.*
- b) Todas las superficies conductoras del equipo sean puestas a tierra.*
- c) Cuando se use un sistema aislado de potencia, el equipo debe estar certificado para ese propósito e instalado de tal manera que cumpla lo requerido en la sección 517-160.*

Nota: Para los requerimientos para la instalación de albercas terapéuticas vea la parte F del artículo 680.

**b) Pruebas mínimas.** Los interruptores de falla a tierra grado hospital y los receptáculos con este tipo de protección, deben de probarse para que operen a menos de 6 mA.

## **C. Sistemas Eléctricos Esenciales**

**517-25. Alcance.** El sistema eléctrico esencial para estos lugares comprende un sistema capaz de proveer una cantidad limitada de servicio para alumbrado y fuerza los cuales son considerados esenciales para la seguridad de la vida y el cese ordenado de procedimientos cuando el servicio eléctrico en tiempo normal, por alguna razón, es interrumpido. Esto incluye a clínicas médicas y oficinas dentales, enfermerías, hospitales y otras clínicas de salud.

### **517-30. Sistemas eléctricos esenciales para hospitales.**

**a) Aplicación.** Los requerimientos de la parte C Sección 517-30 hasta 517-35 deben aplicarse en hospitales en donde es esencial el sistema eléctrico.

#### **b) General.**

- 1) El sistema eléctrico esencial para hospitales debe estar compuesto por dos sistemas separados capaces de suministrar una cantidad limitada del servicio de alumbrado y fuerza considerado esencial para la vida, segura y efectiva durante el tiempo que el servicio eléctrico normal es interrumpido por cualquier razón. Estos dos sistemas deben ser, el sistema de emergencia y el normal.
- 2) El sistema de emergencia debe de estar limitado a circuitos esenciales para la vida y cuidado de pacientes críticos. Estos están designados como circuitos derivados para la "seguridad de la vida" y circuitos derivados para la "carga crítica".
- 3) El sistema debe suministrar energía al equipo eléctrico principal para el cuidado del paciente y la operación básica del hospital.
- 4) El número de interruptores de transferencia usados debe de estar basado en la fiabilidad, diseño y consideraciones de carga. Cada circuito del sistema eléctrico esencial debe estar alimentado por uno o más de los interruptores de transferencia mostrado en los diagramas 517-30(1) y 517-30(2). Se permite que un interruptor de transferencia alimente uno o más

circuitos o sistemas con la demanda máxima o el sistema eléctrico esencial de 150 KVA como se muestra en el diagrama 517-30(3).

5) Otras cargas. Las cargas alimentadas por el equipo generador y que no estén específicamente mencionadas en las secciones 517-32, 517-33 y 517-34, deben alimentarse por su propio desconectador de transferencia de tal forma que estas cargas:

- a) No sean transferidas en caso de que se produzca una sobrecarga al equipo generador; y
- b) Se desconecten automáticamente al producirse una sobrecarga en el equipo generador.

6) Lugares contiguos. Se permite que las fuentes de alimentación normal y fuentes alternas de un hospital, alimenten a sistemas eléctricos esenciales de otros lugares contiguos o del mismo predio.

**c) Requerimientos de alambrado.**

1) Separación de otros circuitos. El circuito derivado de "seguridad de la vida" y el derivado de "carga crítica" del sistema de emergencia debe de ser completamente independiente de cualquier otro alambrado o equipo y no debe de estar en las mismas canalizaciones, cajas contactos, o gabinetes, excepto lo siguiente:

- a) Interruptores de transferencia.
- b) En lámpara de salidas o de emergencia, alimentadas por dos fuentes.
- c) En cajas comunes de lámparas de salidas o de emergencia alimentadas por dos fuentes.

El alambrado de los equipos está permitido que ocupe la misma canalización, caja o gabinete de otros circuitos que no sea parte del sistema de emergencia.

- 2) Sistema aislado de potencia. Cuando el sistema aislado de potencia está instalado en alguna de las áreas dadas en la sección 517-33(a)(1) y (a)(2) cada sistema debe ser alimentado por un circuito individual sin alimentar otra carga.
- 3) Protección mecánica del sistema de emergencia. El alambrado del sistema de emergencia para un hospital debe estar protegido mecánicamente por la instalación de canalización metálica.

*Excepción No. 1: Las alimentaciones con cable flexible u otra alimentación de equipo conectado al sistema de emergencia no requiere que se encierre en canalizaciones metálicas.*

*Excepción No. 2: Los circuitos secundarios de los transformadores de comunicación o de señalización no se requiere que estén encerrados en canalizaciones según se especifica en el capítulo 7 u 8.*

*Excepción No. 3: El Tubo rígido no metálico cédula 80 está permitido excepto para circuitos derivados de áreas de cuidado de pacientes.*

*Excepción No. 4: En donde esté empotrado en concreto no menos de 50.8 mm se permite la utilización de tubo PVC cédula 40 excepto en circuitos derivados de áreas de cuidado de pacientes.*

*Excepción 5: Se permite el uso de canalizaciones metálicas flexibles y cables armados, en módulos prefabricados grado médico para montaje en muro, mobiliario aprobado para oficinas o donde sea necesaria una conexión flexible al equipo.*

Nota: Vea la Sección 517-13(b) para requerimientos de conexión a tierra adicional en áreas de cuidado de pacientes.

**d) Capacidad del sistema.** El sistema eléctrico esencial debe tener una capacidad adecuada de la propia demanda para la operación de todas las funciones y equipos que sean alimentados para cada sistema y derivación.



Los requisitos para dimensionar lo descrito en 700-5 y 701-6 no deben aplicarse al grupo o grupos generadores para hospitales.

e) Identificación de receptáculos. La cubierta de las placas para los receptáculos eléctricos o los mismos receptáculos eléctricos o ambos, alimentados del sistema de emergencia deben tener un color distintivo o una marca que los haga fácilmente identificables.

**517-31. Sistema de emergencia.-** Aquellas funciones de cuidado de pacientes que dependen del alumbrado o aparatos que son conectados al sistema de emergencia deben estar divididos en dos circuitos obligatorios: el circuito de "seguridad de la vida" y el circuito de "carga crítica", descrita en la sección 517-32 y 517-33.

Los circuitos derivados del sistema de emergencia deben de estar instalados y conectados a la fuente alterna de alimentación, de manera que las funciones aquí especificadas para el sistema de emergencia deben ser automáticamente restablecidas para operar dentro de 10 segundos después de la interrupción de la fuente normal.

Los equipos automáticos de interrupción, deberán estar aprobados para servicios de emergencia y deberán estar diseñados e instalados con los enclavamientos necesarios para impedir la interconexión de las fuentes normal y de emergencia, o de dos fuentes de alimentación separadas, durante cualquier funcionamiento de los equipos automáticos de interrupción. Si el generador es la única fuente de alimentación de emergencia, deberá dársele el tiempo necesario para que llegue a su tensión nominal antes que sea conectado, pero nunca mayor de 10 segundos. En la transferencia de la fuente normal al grupo de emergencia, las cargas conectadas al sistema de emergencia, deben ser inmediatamente energizadas en forma automática.

Si la reconexión a la fuente normal de las cargas es automática se proveerán dispositivos de retardo de 15 minutos o más, para evitar que la reconexión en corto tiempo a la fuente normal pueda provocar el funcionamiento equivocado del interruptor de transferencia.

#### **517-32. Circuito derivado de seguridad de la vida.**

Ninguna otra función que las listadas en los incisos (a) al (t) deberán estar conectados al circuito derivado de seguridad de vida. El circuito derivado de seguridad de vida del sistema de emergencia (deberá alimentar los siguientes conceptos: alumbrado, tomacorrientes y equipo:

**a) Iluminación de los medios de escape.** Iluminación de los medios de escape, tales como el alumbrado requerido para corredores, pasillos, escaleras y acceso a puertas de salida y todas las vías necesarias para llegar a las salidas. Se permite un arreglo de conmutación para transferir alumbrado de pasillos de pacientes en los hospitales del circuito general de iluminación al de iluminación nocturna siempre que solamente uno de los dos circuitos pueda ser seleccionado y que ambas fuentes de energía no puedan interrumpirse a la vez.

**b) Señalización de salida.** Señales de salida y señales hacia las salidas.

**c) Sistema de alarma y alerta.** Los sistemas de alarma y alerta, incluyen:

- 1) Alarmas de incendio.
- 2) Dispositivos de alarma eléctrica de flujo de agua conectados al sistema de rociadores.
- 3) Dispositivos automáticos de detección de llamas, humo o productos en combustión.
- 4) Alarmas requeridas por los sistemas usados en la tubería de gases medicinales no inflamables.

**d) Sistemas de comunicación.** Sistemas de comunicación en hospitales, donde se usan para transmitir instrucciones durante condiciones de emergencia.

**e) Local del grupo generador.** Alumbrado del cargador de baterías para las unidades de alumbrado alimentados por baterías y tomacorrientes seleccionados en el local del grupo generador.

**f) Elevadores.** Iluminación de cabinas de elevadores, sistemas de control, señalizaciones y comunicación.

**g) Puertas automáticas.** Puertas operadas automáticamente utilizadas para la evacuación de edificios.

### **517-33. Circuito derivado crítico.**

**a) Alumbrado del lugar de trabajo y tomacorrientes seleccionados.** El circuito derivado crítico del sistema de emergencia abastecerá energía para el alumbrado del lugar de trabajo y equipo fijo y circuitos especiales de iluminación y tomacorrientes seleccionados que sirvan las siguientes áreas y funciones relacionadas con el cuidado de pacientes.

- 1) Locales de anestesia: sólo el alumbrado del lugar de trabajo y todos los contactos equipo fijo.
- 2) Los sistemas aislados de energía requeridos en ambientes especiales.
- 3) Áreas de cuidado para el paciente. Alumbrado del lugar de trabajo y tomacorrientes seleccionados en:
  - a) Áreas de pediatría.
  - b) Áreas de preparación médica.
  - c) Áreas de expendio de medicinas.
  - d) Áreas seleccionadas en las áreas de recién nacidos.
  - e) Áreas de camas de psiquiatría (omitir los contactos).
  - f) Salas de tratamientos.

- g) Puestos de enfermeras (a menos que están adecuadamente alumbrados por las lámparas de los corredores).
- 4) Alumbrado adicional especializado y contactos en lugares de cuidado de pacientes, donde se necesiten.
- 5) Sistema de "llamada de enfermeras".
- 6) Banco de sangre, de hueso y de tejidos.
- 7) Salas y armarios para centrales telefónicas.
- 8) Iluminación del lugar de trabajo, tomacorrientes y circuitos especiales de energía para:
  - a) Camas de cuidados generales (al menos un tomacorriente duplex por cuarto de pacientes).
  - b) Laboratorios angiográficos.
  - c) Laboratorios de cateterización cardíaca.
  - d) Unidad de cuidado coronario.
  - e) Áreas o salas de hemodiálisis.
  - f) Áreas de tratamientos en salas de emergencia (seleccionados).
  - g) Laboratorios de fisiología humana.
  - h) Unidad de cuidados intensivos.
  - i) Salas de recuperación post-operatoria (seleccionados).
  - j) Iluminación adicional del lugar de trabajo, tomacorriente y circuitos especiales de alimentación necesarios para la efectiva operación del hospital. Motores de ventiladores de extracción monofásicos fraccionarios los cuales están interconectados con motores trifásicos en el equipo, se permitirá que estén conectados al circuito derivado crítico.
  - k) Implementar la conexión en los lugares de eliminación de desechos sólidos peligrosos.
  - l) Laboratorios necróticos o morgue.

**b) Sub-división del circuito derivado crítico.** Está permitido dividir el circuito derivado crítico en dos o más circuitos derivados.

Nota: Es importante analizar las consecuencias de alimentar un área, solamente con el circuito derivado de alimentación de cuidado crítico, cuando la falla ocurre entre el área y el interruptor de transferencia. alguna proporción de potencia normal y crítica o de la alimentación crítica desde un interruptor de transferencia separado, puede ser apropiada.

**c) Identificación de receptáculos.** La cubierta de las placas para los receptáculos eléctricos o los mismos receptáculos o ambos, alimentados por el derivado crítico deben tener un color distintivo o una marca que los haga fácilmente identificables.

#### **517-34. Conexión del sistema de equipos a la fuente de energía auxiliar.**

El sistema de equipos deberá ser instalado y conectado a la fuente auxiliar de tal manera que los equipos descritos en la sección 517-34 (a) sean puestos automáticamente en operación en un intervalo de tiempo apropiado, siguiente a la energización del sistema de emergencia. Estos arreglos también proveerán la conexión subsiguiente de los equipos descritos en la sección 517-34 (b).

**a) Conexión para equipos de retardo automático.** Los siguientes equipos deben estar arreglados por una conexión de retardo automático a la fuente de energía auxiliar:

- 1) Sistema central de succión, sirviendo funciones de cirugía y médica, incluyendo controles. Dichos sistemas de succión están permitidos en el circuito derivado crítico.
- 2) Las bombas de desagüe y otros equipos cuya operación sea requerida para la seguridad de aparatos mayores, incluyendo sus sistemas asociados de control y alarma.
- 3) Sistemas de aire comprimido que sirven funciones quirúrgicas y médicas, incluyendo controles. Los equipos mencionados anteriormente pueden ser dispuestos para una acción de secuencia automática retardada a la fuente

de energía auxiliar para prevenir una sobre carga en el generador, donde los estudios de ingeniería indiquen que es necesario.

- 4) Sistemas de control de humos o de presurización de escaleras o ambos.
- 5) Sistemas de inyección o extracción o ambos para campanas de cocina, si se requiere su operación durante un incendio al interior o debajo de la campana.

**b) Conexión para equipos de retardo automático o manual.** Los siguientes equipos deberán proveerse de conexión, bien sea de retardo automático o manual, a la fuente de energía auxiliar:

- 1) Los equipos de climatización para climatizar las salas de operación de parto, de laboratorio, de recuperación, de cuidados intensivos y cuidados coronarias, de pediatría, cuartos de aislamiento por infección, urgencias, áreas de tratamientos de emergencia y salas generales de pacientes.

Nota: En los cuartos de pacientes y habitaciones de aislamiento por infecciones, durante las interrupciones del suministro de la fuente normal, no se requerirá climatización si: La institución es servida por una fuente doble de energía como se describe en la sección 517-35 c).

- 2) Los ascensores seleccionados para proporcionar servicios a pacientes entre salas de cirugía, salas de parto y planta baja durante una interrupción de la fuente normal. En los casos donde una interrupción de la fuente normal provoque una parada de ascensores entre pesos, se deberá proveer interruptores de transferencia que permitan el funcionamiento temporal de cualquier ascensor para poder sacar los pacientes u otras personas que hayan quedado atrapadas.
- 3) Sistemas de suministro de ventilación y extracción para salas de cirugía, salas de parto, pediatría, cuidados intensivos, cuidados coronarias, enfermería, salas de aislamiento de cuarentena, áreas de tratamiento de

emergencia y las campanas de ventilación de los laboratorios, áreas de medicina nuclear en donde se use material radiactivo, evacuaciones de óxido etílico y anestesia. Unidades de cuidados especiales intensivos.

- 4) Locales de servicio hiperbáricos.
- 5) Locales de servicio hipobáricos.
- 6) Puertas operadas automáticamente.
- 7) Un mínimo de autoclaves que funcionen eléctricamente pueden ser arreglado por cualquier conexión automática o manual a la fuente auxiliar.
- 8) Otros equipos seleccionados pueden ser alimentados por el sistema de equipo.

#### **517-35. Fuentes de potencia.**

**a) Dos fuentes de potencia independientes.** Los sistemas eléctricos esenciales deberán tener un mínimo de dos fuentes de potencia independientes. Una fuente normal que generalmente alimentará todo el sistema eléctrico y una o más fuentes auxiliares para uso cuando el servicio normal sea interrumpido.

**b) Fuente auxiliar de potencia.** La fuente auxiliar de alimentación estará formada por uno o varios grupos de generadores accionados por alguna clase de fuerza motriz, ubicados en dependencias del inmueble relacionado.

*Excepción: Donde la fuente normal está formada por unidades generadoras ubicadas en dependencias del inmueble, la fuente auxiliar puede ser otro grupo generador o un servicio de energía eléctrica exterior.*

**c) Ubicación de los componentes del sistema eléctrico esencial.** Se debe considerar cuidadosamente la ubicación de los locales donde se encuentren los componentes del sistema eléctrico esencial, para minimizar interrupciones causadas por fuerzas naturales comunes en el área (por ejemplo, tormenta, inundaciones, terremotos y riesgos creados por estructuras o actividades contiguas). También se deberá considerar la posible interrupción de los servicios

eléctricos normales, como resultado de causas similares, así como la interrupción del servicio eléctrico normal debido a fallas internas de alambrado o de los equipos.

Nota: Las instalaciones cuya fuente de potencia normal, esté alimentada por dos o más acometidas de los servicios públicos tienen mayor confiabilidad en su servicio eléctrico normal que aquellas que tengan una sola acometida.

Tal fuente doble de potencia normal consistirá de dos o más acometidas de servicios eléctricos alimentados por grupos de generadores separados o por una red de distribución de energía, que tengan múltiples fuentes de alimentación y estén mecánica y eléctricamente separadas de tal manera que una falla entre las instalaciones de la institución y las fuentes generadoras tenga poca probabilidades de provocar la interrupción de más de una de las acometidas.

**517-40.- Sistemas Eléctricos Esenciales para lugares para enfermeras y de cuidados limitados.**

**a) Aplicación.** Los requisitos de la parte C, secciones 517-40(c) a 517-44 se aplican a los lugares para enfermeras e instalaciones de cuidados limitados. Los lugares que cumplan con la sección 517-10, excepción 3 están exentos de estos requerimientos.

**b) Centro de hospitalización.** Los lugares para enfermeras e instalaciones de cuidado limitado que proporcionan servicios de hospitalización deben cumplir con lo requerido en la parte C, secciones 517-30 a 517-35.

**c) Instituciones adyacentes a hospitales.** Los lugares para enfermeras y las instalaciones de cuidado limitado que estén adyacentes a un hospital les son permitidos tener su sistema eléctrico esencial alimentado por el hospital.



#### **517-41. Sistemas eléctricos esenciales.**

**a) Disposiciones generales.** Los sistemas eléctricos esenciales para hospitales de cuidados intermedios y los de asistencia médica a pacientes de larga estancia deberán estar comprendidos en dos circuitos derivados separados, capaces de suministrar un servicio limitado de alumbrado y fuerza, el cual es considerado esencial para la protección y la seguridad de la vida y para la operación efectiva de la institución durante el tiempo en el cual el servicio normal de electricidad sea interrumpido por cualquier razón. Estos dos circuitos separados deberán ser, el circuito derivado de seguridad de la vida y el circuito derivado crítico.

**b) Disyuntores de transferencia.** El número de disyuntores de transferencia por usar deberá basarse en la confiabilidad, el diseño y las consideraciones de carga. Cada circuito derivado del sistema eléctrico esencial deberá ser servido por uno o más disyuntores de transferencia como se muestra en los diagramas 517-41 (1) y 517-41 (2). Se permitirá que un disyuntor de transferencia sirva uno o más circuitos derivados o sistemas en un centro pequeño, con una demanda máxima en el sistema eléctrico esencial de 150 KVA. Como se muestra en el diagrama 517-41(3).

**c) Capacidad del sistema.** El sistema eléctrico esencial deberá tener una capacidad adecuada para la operación de todos los servicios y equipos que serán alimentados por cada circuito derivado a un tiempo.

**d) Separación de otros circuitos.** El circuito derivado de seguridad de la vida deberá ser totalmente independiente de los otros equipos y no deberá entrar en las mismas canalizaciones, cajas de paso o gabinetes de los otros alambrados, excepto en los casos siguientes:

- 1) En disyuntores de transferencia.
- 2) En lámparas de emergencia o salida alimentadas desde dos fuentes.

- 3) En cajas de empalme comunes a lámparas de salida o emergencia alimentadas desde dos fuentes.

El alambrado del circuito derivado crítico se le permitirá ocupar las mismas canalizaciones, cajas de paso o gabinetes de otros circuitos que no sean parte del circuito derivado de seguridad de la vida.

#### **517-42. Conexión automática al circuito derivado de seguridad de la vida.**

El circuito derivado de seguridad de la vida deberá ser instalado y conectado a una fuente auxiliar, de tal manera que todas las operaciones de los servicios especificados en este artículo sean restablecidas automáticamente para su funcionamiento en un lapso de 10 segundos después de la interrupción de la fuente normal. El circuito derivado de seguridad de la vida debe suministrar energía para alumbrado, tomacorriente y equipos, como sigue:

**a) Iluminación de los medios de escape.** Iluminación de los medios de escape, tal como el alumbrado requerido para corredores, pasillos, escaleras, pistas de aterrizaje y acceso a puertas de salida y de las vías necesarias para llegar a las salidas. Se permitirá un arreglo de conmutación para transferir el alumbrado de corredores de pacientes desde los circuitos generales de iluminación, siempre que solamente uno de los dos circuitos pueda ser seleccionado y que ambas fuentes de energía no puedan interrumpirse a la vez.

**b) Señalización de salida.** Señales de salida y avisos direccionales.

**c) Sistemas de alarma y alerta.** Los sistemas de alarma y alerta, incluyendo:

- 1) Alarmas de incendio accionadas por estaciones manuales, dispositivos de alarma eléctrica de flujo de agua conectados al sistema de rociadores y dispositivos automáticos de detección de llama, humo o productos de combustión.

- 2) Alarmas requerida por los sistemas de distribución de gases medicinales no inflamables.

**d) Sistemas de comunicación.** Los sistemas de comunicación, cuando éstos se usen para transmitir instrucciones durante situaciones de emergencia.

**e) Comedores y áreas de recreación.** Alumbrado adecuado en comedores y áreas de recreación para proveer iluminación en las vías de salida.

**f) Local del grupo generador.** Alumbrado de lugar de trabajo y contactos seleccionados en el local del grupo generador.

**g) Elevadores.** Alumbrado de cabinas de elevadores, sistemas de control, comunicación y señalización.

Ningún servicio diferente a aquellos indicados desde a) hasta f) deberá ser conectado al circuito derivado de seguridad de la vida.

#### **517-43. Conexión a un circuito derivado crítico.**

El circuito derivado crítico debe instalarse y conectarse a la fuente alterna de energía, de forma que el equipo citado en la sección 517-43(a) se restablezca automáticamente a intervalos de tiempo apropiados siguiendo la secuencia de restablecimiento del circuito derivado de seguridad de vida. Su arreglo debe contemplar la conexión adicional de equipos listados en la sección 517-43(b) ya sea mediante operación manual o automática con retardo.

**a) Conexión automática con retardo.** El siguiente equipo debe conectarse al circuito derivado crítico y adecuarse para conexión automática con retardo a la fuente de energía alterna:

- 1) Áreas de cuidado de pacientes - Iluminación de trabajo y tomacorrientes selectos en:

- a) Áreas de preparación de medicamentos.
- b) Áreas de despacho de farmacia.
- c) Estaciones de enfermeras (a menos de que se encuentren adecuadamente iluminadas por las luminarias del corredor).
- 2) Bombas y otros equipos requeridos para la seguridad de aparatos mayores y alarmas y sistemas asociados de control.
- 3) Sistemas de control de detección de humos y presurización de escaleras.
- 4) Sistemas de inyección y extracción para gases y humos en campanas de cocina, que requieran operar durante un incendio en o bajo la campana.
- 5) Sistemas de inyección, retorno y extracción para cabinas en cuartos de pacientes aislados por infección.

**b) Conexión manual o automática con retardo.** El siguiente equipo debe conectarse al circuito derivado crítico y adecuarse ya sea para conexión manual o automática con retardo de tiempo a la fuente de energía alterna:

- 1) Equipo de climatización para cuartos de pacientes.

Nota: La climatización de cuartos de pacientes durante la interrupción de la fuente normal no se requiere si la instalación está alimentada por una fuente dual de energía como la descrita en la sección 517-44(c).

- 2) Elevador de Servicio. En los casos en que la interrupción de energía resulta en el paro de elevadores entre pisos, la instalación debe permitir la operación temporal de cualquier elevador para liberar a los pasajeros. Para los requerimientos de iluminación de la cabina del elevador, control, y sistemas de señalización, ver la sección 517-42(g).
- 3) Iluminación, tomacorrientes y equipos adicionales pueden conectarse solamente al circuito derivado crítico.

#### **517-44. Fuentes de energía.**

**a) Dos fuentes independientes de potencia.** Los sistemas eléctricos esenciales deben tener un mínimo de dos fuentes independientes de energía: una fuente

normal generalmente alimentando el sistema eléctrico completo, y una o más fuentes alternas para su uso cuando la fuente normal se interrumpe.

**b) Fuente de energía alterna.** La fuente alterna de energía debe ser un generador accionado por cualquier forma de primomotor(es), y localizado en el predio.

*Excepción No. 1: Cuando la fuente normal consiste de unidades generadoras en el predio, la fuente alterna puede ser cualquier otra unidad generadora, o un suministro externo.*

*Excepción No. 2: Los asilos o residencias para custodia médica que cumplan los requisitos de la sección 517-10.*

*Excepción No. 3, pueden usar un sistema de baterías o una batería integral autocontenida dentro de cada equipo.*

**c) Ubicación de componentes de sistemas eléctricos esenciales.** Se debe considerar cuidadosamente la ubicación de los lugares destinados a los componentes del sistema eléctrico esencial para minimizar las interrupciones por causas naturales propias del área (por ejemplo, tormentas, inundaciones, terremotos, o peligros creados por estructuras o actividades adyacentes). Se debe considerar la posible interrupción de los servicios eléctricos normales que resulten de causas similares, así como posibles interrupciones del suministro normal debido a fallas del equipo y alambrados internos.

Nota: Las instalaciones alimentadas por dos o más centrales o doble acometida, tienen una confiabilidad mayor a aquellas con un solo servicio o acometida. Tal fuente dual de suministro normal consiste de dos o más servicios alimentados de generadores separados o redes de distribución con múltiples fuentes de suministro conectadas y dispuestas para proveer separación eléctrica o mecánica de suerte que una falla entre la instalación y las fuentes de generación no cause la interrupción de más de una acometida de servicio.

**517-45. Sistema contra incendios.** Interruptores y equipos de control dedicados al manejo de bombas contra incendio. Ver artículo 695 del código.

**517-50. Sistemas eléctricos esenciales para clínicas, oficinas médicas y dentales, consulta externa y otras instalaciones de sanidad no cubiertas en las secciones 517-30 y 517-40.**

**a) Aplicación.** Los requisitos de esta sección se aplican a las instalaciones de sanidad descritas en la sección 517-50, y en las cuales:

- 1) Anestésicos inhalables se administran en cualquier concentración a los pacientes, o
- 2) Los pacientes requieren equipo eléctrico para soporte de la vida.

**b) Conexiones.** El sistema eléctrico esencial debe suministrar energía a:

- 1) Iluminación de trabajo relacionada con la seguridad de la vida y la cual es necesaria para el cese seguro de los procedimientos en proceso.
- 2) Todo equipo de anestesia y resucitación usado en áreas donde la inhalación de anestésicos se administra a pacientes, incluyendo los dispositivos de alarma y alerta.
- 3) Todo equipo eléctrico para soporte de la vida en áreas donde los procedimientos realizados requieren de tal equipo para el soporte de la vida del paciente.

**c) Fuentes alternas de energía.**

- 1) Fuente de energía. La fuente alterna de energía para el sistema debe estar diseñada específicamente para este propósito y puede ser ya sea un generador, sistema de baterías, o una batería integrada y autocontenida en el equipo.
- 2) Capacidad del sistema. La fuente alterna de energía debe estar separada y ser independiente de la fuente normal y tener capacidad para sostener las cargas conectadas por un mínimo de 1 1/2 horas tras la pérdida de la fuente normal.

- 3) Operación del sistema. El sistema debe disponerse de tal forma que en el caso de falla en el suministro normal de energía, la fuente alterna de energía se conecte automáticamente a la carga dentro de los siguientes 10 segundos.

#### **d) Locales para anestesia por inhalación.**

#### **517-60. Clasificación de locales de anestesia.**

Nota: Si cualquiera de los siguientes locales para anestesia se designa como lugar mojado, ver la sección 517-20.

##### **a) Lugares clasificados como peligrosos.**

- 1) En un local donde se utilicen anestésicos inflamables, el área entera debe considerarse como lugar Clase I, División 1, la cual se extiende a un nivel de 1.52 m por encima del piso. El volumen remanente hasta la estructura del techo se considera estar encima de un lugar clasificado como peligroso
- 2) Cualquier cuarto o local en el cual se almacenen anestésicos inflamables o agentes desinfectantes volátiles inflamables, se debe considerar lugar Clase I, División 1, de piso a techo.

**b) Lugares distintos a los clasificados como peligrosos.** Cualquier local para anestesia por inhalación diseñado para el uso exclusivo de agentes anestésicos no inflamables se debe considerar lugar distinto al lugar clasificado como peligroso.

#### **517-61. Alambrado y equipo.**

##### **a) Dentro de lugares peligrosos de anestesia.**

- 1) Excepto como se permite en la sección 517-160, cada circuito de energía dentro, o parcialmente dentro, de un local de anestesia inflamable como se refiere en la sección 517-60, debe aislarse de cualquier sistema de distribución mediante el uso de un sistema de energía aislado.

- 2) El equipo del sistema de energía aislado debe estar certificado para este propósito, y el sistema estar diseñado e instalado para cumplir las condiciones de la Parte G.
- 3) En los lugares clasificados como peligrosos referidos en la sección 517-60, todo el alambrado y equipos fijos, y todo el equipo portátil, incluyendo lámparas y otros equipos, operando a más de 10 V entre conductores debe cumplir con los requisitos de las secciones 501-1 a la 501-15 y de las Secciones 501-16(a) y (b) para lugares Clase I, División 1. Todo este equipo debe estar certificado específicamente para las atmósferas peligrosas en cuestión.
- 4) Donde una caja, accesorio, o cubierta, se encuentra parcial, pero no enteramente, dentro de un lugar clasificado como peligroso el área peligrosa incluye toda la caja, accesorio o cubierta entero.
- 5) Tomacorrientes y enchufes en el lugar clasificado como peligroso deben estar certificados para uso en lugares clasificados como peligroso Clase I, Grupo C, y contemplar la conexión de un conductor de puesta a tierra.
- 6) Los cordones flexibles en áreas peligrosas para la conexión de equipos portátiles, incluso lámparas operando a más de 8 V entre conductores, deben ser certificados para uso extra rudo acorde a la Tabla 400-4, e incluir un conductor adicional de puesta a tierra.
- 7) Un dispositivo para almacenar el cordón flexible se debe incluir, y no debe doblar el cordón a un radio menor a 76 mm.

**b) Encima de locales de anestesia peligrosos.**

- 1) El alambrado encima de áreas peligrosas descritas en la sección 517-60 debe instalarse en conduit metálico rígido pared gruesa, con cable tipo MI, o cable tipo MC con una cubierta continua y metálica sellada al paso de vapores.
- 2) El equipo instalado que pueda producir arcos, chispas, o partículas de metal caliente, tales como lámparas y portalámparas para iluminación fija, desconectadores, interruptores, generadores, motores, u otros equipos con



escobillas deslizantes, deben ser del tipo totalmente cerrado o contruidos de suerte que eviten el escape de chispas o partículas de metal caliente.

*Excepción: Los tomacorrientes montados en los muros encima del área peligrosa en locales de anestesia inflamable no requieren estar totalmente resguardados o tener aberturas cubiertas o protegidas para prevenir la dispersión de partículas.*

3) Las luminarias quirúrgicas y otras, deben cumplir con la sección 501-9(b).

*Excepción No. 1: Las limitaciones de temperatura superficial expuestas en la sección 501-9 (b) (2) no se aplican.*

*Excepción No. 2: Los interruptores integrados o colgantes localizados encima y que no pueden ser bajados al área clasificada como peligrosa no requieren ser a prueba de explosión.*

- 4) Los sellos certificados deben colocarse de acuerdo a la sección 501-5, y sección 501-5 (a) (4), a los límites tanto horizontales como verticales del lugar clasificado como peligroso.
- 5) Los tomacorrientes y enchufes localizados encima del área peligrosa de anestesia deben estar aprobados para uso en hospitales, para los servicios prescritos de tensión, frecuencia, capacidad, número de conductores con la previsión para la conexión de un conductor de puesta a tierra. Este requisito se debe aplicar a los tomacorrientes y enchufes de 2 polos, 3 hilos del tipo de puesta a tierra para una fase, 120 V, corriente alterna.
- 6) Los enchufes y tomacorrientes de 220 V nominales, para la conexión de equipo médico de 50 y 60 A de corriente alterna para uso encima de lugares clasificados como peligrosos, deben arreglarse de modo que el tomacorriente de 60 A reciba indistintamente enchufes de 50 o 60 A. Los tomacorrientes de 50 A deben diseñarse para no aceptar enchufes de 60 A. Los enchufes deben ser de 2 polos, 3 hilos con contacto para conectar el

conductor aislado (verde o verde con rayas amarillas) de puesta a tierra del sistema eléctrico.

**c) Locales de anestesia distintos a los peligrosos.**

- 1) El alambrado que sirve a lugares distintos a los clasificados como peligrosos, como se define en la sección 517-60, debe instalarse en canalización o cable metálico. La canalización o armadura metálica debe estar certificado como un equipo con retorno de tierra de acuerdo a la sección 250-91(b). Los cables tipos MI y MC deben tener una armadura o cubierta metálica exterior identificada como retorno aceptable de tierra.

*Excepción: Los tomacorrientes colgantes que emplean cuando menos cordones flexibles tipo SJO o equivalente suspendidos a no menos de 1.83 m del piso.*

- 2) Los tomacorrientes y enchufes instaladas y usadas en lugares distintos a los clasificados como peligrosos deben estar certificados para uso en hospital para servicios prescritos de tensión, frecuencia, capacidad, y número de conductores con previsión para conectar un conductor de puesta a tierra. Este requisito se debe aplicar a los tipos 2 polos, 3 hilos con puesta a tierra, para una fase a 120 o 220 V nominales de corriente alterna.
- 3) Los enchufes y tomacorrientes de 220 V nominales, para la conexión de equipo médico de 50 y 60 A de corriente alterna para uso encima de lugares clasificados como peligrosos, deben arreglarse de modo que el tomacorriente de 60 A reciba indistintamente enchufes de 50 o 60 A. Los tomacorrientes de 50 A deben diseñarse para no aceptar enchufes de 60 A. Los enchufes deben ser de 2 polos, 3 hilos con contacto para conectar el conductor aislado (verde o verde con rayas amarillas) de puesta a tierra del sistema eléctrico.

### **517-62. Puesta a tierra.**

En cualquier área de anestesia, todas las canalizaciones metálicas y cables con pantallas metálicas, y todas las partes conductoras no portadoras de corriente de equipo eléctrico fijo, deben ponerse a tierra.

*Excepción: El equipo operando a no más de 10 V entre conductores no requiere ser puestos a tierra. La puesta a tierra en locales Clase 1 División 1 debe cumplir con lo indicado en 501-16.*

### **517-63. Sistemas de energía puestos a tierra en locales de anestesia.**

**a) Circuitos de alumbrado de uso general.** Un circuito de alumbrado de uso general conectado a un suministro normal puesto a tierra debe instalarse en cada cuarto de operación.

*Excepción: Cuando está conectado a cualquier fuente alterna permitida en la sección 700-12 que se encuentre separada de la fuente alimentada por el sistema de emergencia.*

**b) Alambrado de circuitos derivados.** Los circuitos derivados que alimentan sólo equipo de diagnóstico y terapia, fijos, aprobados, y permanentemente instalados encima de lugares clasificados como peligrosos y en otras áreas distintas a las clasificadas como peligrosas, pueden alimentarse de un servicio normal puesto a tierra, de una o tres fases, siempre que:

- 1) El alambrado para circuitos aislados y puestos a tierra no ocupen la misma canalización,
- 2) Todas las superficies conductoras del equipo estén puestas a tierra,
- 3) El equipo (excepto los tubos de rayos X confinados y los alambres a dichos tubos) se localice al menos a 2.44 m por encima del piso o tierra del local de anestesia, y

- 4) Los interruptores para el circuito derivado con puesta a tierra se localicen fuera del lugar clasificado como peligroso.

*Excepción: Las Secciones 517-63 (b) (3) y (b) (4) no se aplican a lugares distintos a los clasificados como peligrosos.*

**c) Circuitos derivados para luminarias fijas.** Los circuitos derivados que alimentan solamente luminarias fijas, pueden servirse desde un suministro normal con puesta a tierra, siempre que:

- 1) Tales luminarias se ubiquen al menos a 2.44 m por encima del piso,
- 2) Todas las superficies conductoras de las luminarias estén puestas a tierra,
- 3) El alambrado de los circuitos que alimentan a las luminarias no ocupen la misma canalización de los circuitos de energía aislada, y
- 4) Los interruptores sean del tipo montaje en pared y se ubiquen encima de los lugares clasificados como peligrosos.

**d) Estaciones de control remoto.** Las estaciones de control remoto montadas en pared para interruptores de control remoto operando a 24 V o menos, pueden instalarse en cualquier local de anestesia.

**e) Ubicación de sistemas aislados de energía.** Un centro de carga aislado y certificado para este propósito y su alimentador primario con puesta a tierra pueden ubicarse en un local de anestesia, siempre que se instale encima de un lugar clasificado como peligroso u otro que no sea clasificado como peligroso.

**f) Circuitos en locales de anestesia.** Excepto como se permite arriba, cada circuito de energía dentro, o parcialmente dentro, de un local de anestesia inflamable como se refiere en la sección 517-60 debe aislarse de cualquier sistema de distribución que alimente otros locales diferentes de los de anestesia.

#### **517-64. Equipos e instrumentos de baja tensión.**

**a) Requisitos para equipos.** Los equipos de baja tensión que estén frecuentemente en contacto con el cuerpo de personas o tengan elementos descubiertos que llevan corriente, deben:

- 1) Operar a potenciales eléctricos de 10 V o menos.
- 2) Ser certificados como intrínsecamente seguros o como equipos doblemente aislados, o
- 3) Ser resistentes a la humedad.

**b) Fuentes de potencia.** La energía suministrada a los equipos de baja tensión debe ser aportada desde:

- 1) Un transformador de aislamiento portátil (no debe usarse autotransformadores) conectado a un tomacorriente de un circuito aislado por medio de un cordón y enchufe apropiados, o
- 2) Un transformador de aislamiento común de baja tensión, instalado en un lugar no peligroso, o
- 3) Baterías secas individuales, o
- 4) Baterías comunes, compuestas por celdas de almacenaje, colocadas en un lugar no peligroso.

**c) Circuitos aislados.** Los transformadores de aislamiento que suministren circuitos de baja tensión deben:

- 1) Tener medios apropiados de aislamiento entre el circuito primario y el secundario, y
- 2) Tener el núcleo y el chasis puestos a tierra.

**d) Controles.** Se permite el uso de dispositivos de impedancia para controlar equipos de baja tensión, pero éstos no deben ser usados para limitar la tensión máxima disponible para el equipo.

**e) Artefactos alimentados por baterías.** Los artefactos operados por baterías no pueden ser recargados mientras estén en operación, a menos que en el circuito de carga se incorpore un transformador de aislamiento integral.

**f) Tomacorrientes o enchufes.** Los tomacorrientes o enchufes que se usen en circuitos de baja tensión deben ser de un tipo que no permita una conexión intercambiable con circuitos de mayor tensión.

Nota: Se sabe que cualquier interrupción del circuito, aun en circuitos de tensión tan baja como 10 V provocada por algún interruptor o conexiones flojas o defectuosas en cualquier punto del circuito, pueden producir una chispa suficiente para encender agentes anestésicos inflamables.

**g) Otros equipos.** Los equipos de succión, presión o insuflación que tengan elementos eléctricos y estén ubicados o sean empleados en lugares peligrosos, deben estar aprobados para lugares Clase I.

**h)** Los equipos de rayos X instalados o empleados en un local de anestesia definido deberán estar dotados de los medios aprobados para impedir la acumulación de cargas electrostáticas.

**i)** Todos los dispositivos de control de rayos X, interruptores, relés, medidores y transformadores, deberán ser de tipo totalmente cerrado y cuando estén instalados o sean empleados en un lugar peligroso, deberán ser registrados para usarlos en locales Clase I, grupo C. El alambrado de alta tensión deberá estar aislado de tierra de manera efectiva y adecuadamente resguardados contra contactos accidentales. Toda la instalación deberá cumplir con artículo 517-61 inciso a) y b).

## **E. Instalaciones de rayos X**

Nada de lo dicho en esta parte debe ser interpretado como protección contra el rayo útil o radiación dispersada de rayos X.

### **517-71. Conexión al circuito de alimentación.**

**a) Equipos fijos y estacionarios.** Los equipos de rayos X, fijos y estacionarios deben estar conectados a la fuente de alimentación por medio de un método de alambrado que cumpla con los requisitos generales de éste Código.

*Excepción. Los equipos debidamente alimentados por un circuito derivado cuya capacidad especificada no exceda los 30 A, puede alimentarse a través de un enchufe apropiado y un cordón para servicio pesado.*

**b) Equipos portátiles, móviles y transportables.** Para equipos portátiles, móviles y transportables y equipo médico de rayos X, no requiere circuito derivado individual cuando su capacidad no excede de 60 A.

### **517-72. Medios de desconexión.**

**a) Capacidad.** El circuito alimentador debe contar con un medio de desconexión adecuado con capacidad del 50 % como mínimo del régimen momentáneo o el 100 % del régimen prolongado del equipo de rayos X, cualquiera que sea mayor.

**b) Ubicación.** El medio de desconexión debe ser operable desde un lugar fácilmente accesible desde el control del equipo de rayos X.

**c) Equipos portátiles.** Para equipos conectados a circuitos derivados de 120 V y 30 A o menos, se permite el uso de tomacorrientes y enchufe del tipo puesto a tierra de capacidad apropiada como medio de desconexión.

**517-73. Capacidad de corriente de los conductores de alimentación y protección contra sobrecorriente.**

**a) Equipo de diagnóstico.**

- 1) La capacidad de corriente de los conductores de un circuito derivado los dispositivos de protección contra sobrecorriente no deberá ser inferior al 50 por ciento de la capacidad de corriente de régimen momentáneo o el 100 por ciento del régimen prolongado, escogiendo el mayor de estos valores.
- 2) La capacidad de corriente de los conductores y de los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los alimentadores para dos o más circuitos derivados que alimenten unidades de rayos X no debe ser menor del 50 por ciento de la corriente de régimen momentáneo del equipo más grande de rayos X, más un 25% de la corriente de régimen momentáneo de la siguiente unidad más grande, más 10% de la demanda momentánea de los otros equipos de diagnóstico médico de rayos X. Cuando se lleven a cabo exámenes simultáneos por extensión del plano radiológico con unidades de rayos X, los conductores de alimentación y los dispositivos de protección contra sobrecorriente deben ser del 100% del régimen momentáneo de la capacidad de corriente de cada unidad de rayos X.

Nota: El conductor de menor calibre para circuitos derivados y alimentadores está también gobernado por los requisitos de regulación de la tensión. Para una instalación específica, el fabricante usualmente especifica tamaños mínimos de transformadores de distribución y conductores, capacidad de corriente de los medios de desconexión y protección contra sobrecorriente.

**b) Equipos terapéuticos.** La capacidad de los conductores y la capacidad de corriente de los dispositivos de sobrecorriente, no será menor del 100% de la capacidad de corriente del equipo de rayos X para terapia médica.



### **c) Equipo Terapéutico de Alta Frecuencia Diatérmica**

#### **1) Instalación**

- No esencialmente portátil. Cuando el equipo no sea esencialmente portátil, deberá instalarse permanentemente de acuerdo con los capítulos 1 a 4.
- Esencialmente portátil. Cuando el equipo sea esencialmente portátil, el cordón de alimentación deberá ser de tipo de servicio pesado con 3 conductores, y de una capacidad de corriente no menor que la nominal del equipo. El cordón deberá terminar en un enchufe con toma de tierra de tipo aprobado. Para la puesta a tierra del equipo se deberá utilizar un conductor aislado de color amarillo.

2) Aplicadores. Las partes conductivas de los aplicadores deberán ser aisladas o cubiertas de manera que presenten un aislamiento seguro para el paciente.

3) Cubierta. Los aparatos convertidores, incluyendo la línea de corriente continua y los circuitos eléctricos de alta frecuencia, pero con exclusión del cordón de alimentación para las unidades portátiles y de los circuitos de salida, deberán instalarse dentro de una cubierta de material no combustible.

4) Panel de controles. Todo panel de controles deberá ser de construcción de frente muerto.

5) Acceso al equipo interno. El acceso deberá ser a través de paneles que no sean fácilmente desmontables. Los paneles que necesiten quitarse para tener acceso a fusibles, tubos electrónicos, interruptores, elementos de ajuste y para la reposición de dispositivos de sobrecarga, y similares deberán tener rótulos para indicar que hay peligro al retirarlos, o deberán estar provistos de dispositivos de enclavamiento eléctrico adecuado.

Nota: La capacidad de los conductores del circuito derivado, de los medios de desconexión y de las protecciones de sobrecorriente de los equipos de rayos X, es normalmente establecida por el fabricante para la instalación específica.

**517-74. Conductores del circuito de control.**

**a) Número de conductores instalados en una canalización.** El número de conductores de control instalados en una canalización debe ser determinado por la sección 300-17.

**b) Calibre mínimo de los conductores.** Se permitirá el uso de conductores calibre 18 o 16, como se especifica en la sección 725-16, y cordones flexibles para el control y circuito de operación del equipo de rayos X y equipos auxiliares, donde la protección contra sobrecorriente no sea mayor de 20 A.

**517-75. Instalación de equipos.**

Todos los equipos para nuevas instalaciones de rayos X, y todos los equipos de rayos X usados, reacondicionados para trasladarlos a nuevos locales, deben ser del tipo certificado.

**517-76. Transformadores y condensadores.**

Los transformadores y condensadores que forman parte de un equipo de rayos X, no están obligados a cumplir con las Secciones 450 y 460. Los condensadores serán montados dentro de cubiertas de material aislante o de metal puesto a tierra.

**517-77. Instalación de cables de alta tensión para equipos de rayos X.**

Los cables con pantalla aterrizada para conexión de tubos de rayos X para intensificadores de imagen, se permiten que sean instalados en bandejas o ductos los conductores de control y de potencia sin necesidad de barreras que separen el cable.

**517-78. Protección y puesta a tierra.**

**a) Partes de alta tensión.** Todas las partes de alta tensión, incluyendo los tubos de rayos X, deben montarse dentro de cubiertas puestas a tierra. Se usará aire, aceite, gas u otra sustancia aislante apropiada para aislar la alta tensión de la

cubierta puesta a tierra. La conexión desde el equipo de alta tensión a los tubos de rayos X y otros componentes de alta tensión será hecha con cables de alta tensión con pantalla.

**b) Cables de baja tensión.** Los cables de baja tensión que conectan unidades que no están completamente selladas, tales como transformadores, condensadores, enfriadores de aceite, e interruptores de alta tensión, deben tener aislamiento del tipo de aceite resistente.

**c) Partes metálicas que no llevan corriente.** Las partes metálicas que no llevan corriente del equipo asociado a rayos X (controles, mesas, soportes de tubo de rayos X, tanque de transformadores, cables blindados, cabezales para tubo de rayos X, etc.) deben aterrizarse tal como lo especifica el artículo 250 y la sección 517-13 (a) y (b)

*Excepción: El equipo que opera con baterías.*

**F. Sistemas de comunicaciones, señales, sistemas de datos, sistemas de señalización de protección contra incendio y sistemas para tensiones contra incendio y sistemas para tensiones menores a 120 volt.**

**517-80. Áreas para cuidados de pacientes.**

El aislamiento equivalente y el aislamiento necesario para sistemas de distribución eléctrica en 'áreas para cuidado de pacientes se debe suministrar por medio de comunicaciones, sistemas de señalización, circuitos de sistemas de datos, sistemas de señalización contra incendio y sistemas con tensión nominal menor a 120 volts.

Nota: Un medio aceptable alternativo para suministrar el aislamiento para el sistema de llamado paciente/enfermera, es por el uso de señales no eléctricas,

comunicación, o dispositivos de control sostenidos por el paciente o que están al alcance del paciente.

**517-81. Otras áreas que las de cuidado al paciente.**

En otras áreas que las de cuidado al paciente, las instalaciones deben ser de acuerdo con las provisiones apropiadas de los artículos 725, 760 y 800.

**517-82. Transmisión de señales entre aparatos.**

**a) General.** La instalación permanente del cableado para señales desde un aparato en un lugar de paciente a un aparato remoto, debe emplearse un sistema de transmisión de señales que prevenga la interconexión peligrosa a tierra de los aparatos.

Nota: Ver las secciones 517-13(b) y 517-15.

**b) Sistema común de aterrizaje para cables de señales.** Se permite usar un sistema común de aterrizaje para cables de señales (por ejemplo un chasis aterrizado para terminales de transmisión), entre aparatos localizados en la vecindad del paciente, que se aterrizan al mismo punto de referencia.

## **G. Sistemas de energía aislados**

**517-160. Sistemas de energía aislados.**

**a) Instalaciones.**

- 1) Cada circuito de energía aislado debe controlarse por un interruptor que tenga un polo de desconexión en cada conductor del circuito aislado, para desconectar simultáneamente toda la energía. Tal aislamiento puede complementarse por medio de uno o más transformadores que no tengan conexión eléctrica entre los devanados primario y secundario; por medio de conjuntos motor generador, o por medio de un sistema aislado de baterías.

- 2) Los circuitos que alimentan los primarios de los transformadores de aislamiento deben operar a no más de 600 Volts entre conductores y deben tener una apropiada protección contra sobrecorriente. La tensión secundaria de tales transformadores no debe exceder de 600 Volts entre conductores de cada circuito. Todos los circuitos alimentados desde tales secundarios no deben ser aterrizados, y deben tener un dispositivo de sobrecorriente certificado de valor nominal (adecuado para cada conductor).
- 3) Los circuitos alimentados directamente desde las baterías o del conjunto motor generador no deben ser aterrizados y deben protegerse contra sobrecorriente de la misma manera que los circuitos secundarios alimentados del transformador. Si existe una pantalla electrostática, debe conectarse al mismo punto de referencia de tierra.
- 4) Los transformadores de aislamiento, los conjuntos motor generador, las baterías y cargadores de baterías, y los dispositivos de sobrecorriente asociados al primario o secundario, no debe instalarse en lugares clasificados como peligrosos. El cableado del circuito secundario aislado que se extienda a lugares de anestesia peligrosos, debe instalarse de acuerdo con la sección 501-4.
- 5) Un circuito derivado aislado que alimenta un lugar de anestesia, no debe alimentar otros lugares.
- 6) Los conductores de circuitos aislados deben identificarse como sigue:
  - ✓ Conductor aislado No. 1: naranja.
  - ✓ Conductor aislado No. 2: café.
  - ✓ Para sistemas trifásicos, el tercer conductor se identifica con el color amarillo.
- 7) No deben usarse compuestos para el cableado que incrementen la constante dieléctrica, en los conductores secundarios del suministro de energía aislado.

Nota No. 1: Es recomendable limitar el tamaño del transformador de aislamiento a 10 KVA o menos y usar aislamiento de conductores con baja corriente de fuga que satisfagan los requisitos de impedancia.

Nota No. 2: Minimizar la longitud de los conductores del circuito derivado y utilizar aislamiento de conductores con una constante dieléctrica menor que 3.5 y una resistencia de aislamiento constante mayor 6100 megohmetro (a 16°C) para reducir la corriente de fuga desde la línea a tierra, reduciendo la corriente peligrosa del monitor.

**b) Monitor de aislamiento de línea.**

- 1) Además de los dispositivos de control y de protección de sobrecorriente, cada sistema de potencia aislado debe proveerse con un monitor de aislamiento de línea que opera continuamente para indicar las posibles fugas o fallas de corriente de cada conductor aislado a tierra. El monitor debe estar diseñado de tal manera que una lámpara señalizadora de color verde, pueda verse fácilmente por las personas del lugar de anestesia, permanecer iluminada cuando el sistema está adecuadamente aislado de tierra; una lámpara roja señalizadora y una alarma audible (remota si se desea) debe de energizarse cuando la corriente total peligrosa (que consiste de posibles corrientes de fuga resistivas o capacitivas) de cualquier conductor aislado alcanza un valor cercano a los 5 miliamperes, bajo condiciones de tensión normal. El monitor no debe sonar para valores menores de 3.7 miliamperes o para una corriente total peligrosa de menos de 5.0 miliamperes.

*Excepción: Puede permitirse el diseño para operar a un valor menor al límite de la corriente total de peligro. Un monitor de aislamiento de línea para tal sistema puede permitirse, pero el valor no debe ser menor al 35% del correspondiente valor límite de la corriente total de peligro y la corriente de peligro del monitor consecuentemente debe reducirse a no más de 50 % del valor de alarma de la corriente total de peligro.*

- 2) El monitor de aislamiento de línea debe ser diseñado para tener suficiente impedancia en tierra de tal manera que, cuando se conecta apropiadamente al sistema aislado, la corriente máxima interna que puede circular a través del monitor de aislamiento de línea, cuando cualquier punto del sistema aislado sea aterrizado, debe ser de 1 miliampere.

*Excepción: El monitor de aislamiento de línea puede permitirse que sea del tipo de baja impedancia, de tal manera que la corriente a través de él, cuando cualquier punto del sistema aislado sea aterrizado, no exceda de dos veces el valor de alarma para un período que no exceda de 5 milisegundos.*

Nota: La reducción de la corriente de peligro del monitor, proporciona como resultado el incremento de valores de "no alarma" para la corriente de peligro de falla, por lo que puede incrementar la capacidad del circuito.

- 3) Se debe conectar un amperímetro calibrado en el sistema de corriente de peligro total (contribución de la corriente de peligro del monitor) en un lugar plenamente visible sobre el monitor de aislamiento de línea con la "zona de alarma" al centro de la escala aproximadamente.

*Excepción: El monitor de aislamiento de línea puede operar como una unidad compuesta, con una sección sensible cableado a una sección separada de tipo panel y carátula en la cual la alarma o las funciones de prueba están localizadas.*

Nota: Es recomendable localizar el amperímetro de tal manera que sea muy visible para las personas que están en el lugar de anestesia.

## **VI. Conclusiones**

El proyecto permito conocer la realidad del estado de las instalaciones eléctricas en nuestros hospitales gracias a esta muestra, lo que permitió hacer actualizaciones a la normativa existente. La deficiencia encontrada en los sistemas eléctricos hospitalarios revela la poca importancia que se le ha dado al tema, ya que las instalaciones eléctricas hospitalarias no cumplen con las condiciones básicas necesarias para el cuido apropiado de pacientes como se observó en las áreas de cuido general donde no se cumplía ni con la protección básica contra niños en tomacorrientes, y en la mayoría de casos no existen sistemas de tierra adecuados a los circuitos.

La deficiencia encontrada en los sistemas eléctricos fue la mejor prueba para mejorar la normativa en la sección G de los sistemas eléctricos esenciales como lo son el sistemas de emergencias y el sistema contra incendios. Además de los menesteres encontrados en las áreas de los locales de anestesia (especialmente en quirófanos) donde no se contemplan equipos básicos de monitoreo de pacientes, como los equipos de succión, presión e insuflación así como la exclusión de los equipos que generan cargas electrostáticas. Esto fue lo que dio la pauta para la modificación en el artículo de los instrumentos y equipos de baja tensión. Otra de las instalaciones clave fue la de Rayos X, aunque la mayoría de los sistemas de rayos X cumplen con la normativa del CIEN, se mejoró la norma incluyendo un apartado sobre equipos terapéuticos de alta frecuencia diatérmica el cual, el CIEN, toca a raso modo el tema.

Es de vital importancia concientizar a los directivos de hospitales, tanto en el sector privado como el sector público de la necesidad de adecuar las instalaciones existentes para que cumplan con los requisitos de seguridad eléctrica y de continuidad del servicio. La propuesta de mejorar la normativa de seguridad e higiene ocupacional servirá para apoyar a los encargados de la inspección y mantenimiento preventivo de las instalaciones eléctricas y de los equipos biomédicos, para mejorar los sistemas eléctricos hospitalarios.



## **6.1.Recomendaciones**

- En el capítulo I se recomienda implementar fuentes de energía eléctrica de emergencia a través de grupos electrógenos, bancos de baterías y de UPS, conmutadas por tableros automáticos que permitan la transferencia de la carga en ausencia del suministro de la energía eléctrica de la red en las áreas de cuidado crítico, ya que en las dependencias de estos locales especiales se encuentran los equipos electro médicos que cumplen la asistencia vital a los pacientes.
- En el capítulo II se conoció la necesidad de proteger a los pacientes de fugas de corriente, por lo tanto, se recomienda implementar barrajes equipotenciales en todos los pisos y sus correspondientes dependencias, con bajantes conectados a estas y por consiguiente la derivación a un sólido sistema de puesta a tierra, para garantizar la seguridad de la instalación completa del hospital. Así mismo se recomienda la instalación de sistemas contra incendios aplicando las normativas correspondientes en el diseño e instalación del sistema.
- El impacto ambiental es uno de los temas más abarcados en la actualidad y en este documento no fue la excepción, en el capítulo III se recomienda en el caso de los edificios existentes, implementar un programa de conservación y eficiencia energética que reduzca el consumo de energía al menos el 10% en un solo año y que siga produciendo un ahorro de energía del 2% anual en forma continua, lo que dará como resultado una reducción del 10% por cada período de 5 años. En el caso de los edificios nuevos, diseñarlos de modo que alcancen metas de desempeño energético de 320 kWh/m<sup>2</sup>/año o inferiores, así como realizar auditorías energéticas o evaluaciones periódicas y utilizar los resultados como base de programas de creación de conciencia y de modernización. Investigar acerca de las fuentes de energías limpias renovables que puedan colocarse in situ e incluir su generación en todos los planes de nuevas edificaciones.

## VII. Bibliografía

### • Libros y documentos:

- ✓ Alexandre Salem Szklo, J. B. (2004). *Energy consumption indicators and CHP technical potential in the Brazilian hospital sector*. Brasilia, Brasil.
- ✓ American National Standard. (1993). ANSI/AAMI ES1-1993. (págs. 03-18). Illinois, USA: University of Illinois.
- ✓ American National Standard. (2013). ANSI/AAMI ES606001-1:2005/(R)2012. Obtenido de AAMI: <http://www.aami.org>
- ✓ Asamblea Nacional. (19 de Abril de 2007). *Normas web*. Obtenido de [http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/\(\\$All\)/16624DBD812ACC1B06257347006A6C8C](http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/($All)/16624DBD812ACC1B06257347006A6C8C)
- ✓ Asamblea Nacional. (2011). NTON 22 002-09. *Norma Técnica obligatoria Nicaragüense Instalaciones de Protección Contra Incendios* (págs. 07-19). Managua, Nicaragua: La Gaceta.
- ✓ Asociación Electrotécnica Argentina. (2007). *Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles AEA 90364 - Parte 7 - Sección 710 - Hospitales y Salas Externas a Hospitales*. Buenos Aires.
- ✓ Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. (2005). *Recommended Practice for Powering and Grounding Electronic Equipment*. New York.
- ✓ Instituto Nacional Tecnológico. (2013). *Medidas de higiene y seguridad ocupacional*. Managua: INATEC.
- ✓ Instituto Nicaragüense de Energía. (2014). *Código de Instalaciones Eléctricas de Nicaragua*. Managua, Nicaragua
- ✓ Instituto Nicaragüense de Seguridad Social. (2016). *Anuario Estadístico 2015*. Managua, Nicaragua: División de Estadísticas Económicas.
- ✓ Inter-American Development Bank. (2013). *Estudio de Mercado EE & ER Hospitales y Clínicas Privados*. . Colombia: BASE, UNEP Collaborating Centre.
- ✓ Jiménez, S. A. (2014). *Rediseño de los Sistemas Eléctricos de Emergencia del Hospital*. Cartago.
- ✓ Ministerio de Energía y Minas. (2015). *Clientes regulados grandes demandas cuya potencia contratada es no inferior a 200 kw. Período de consumo enero\_2015*. Managua, Nicaragua: Dirección de Mercado Eléctrico.

- ✓ Ministerio de Fomento, Industria y Comercio. (2011). *MIFIC*. Obtenido de Manejo y Eliminación de Desechos Sólidos Peligrosos: [http://www.mific.gob.ni/Portals/0/Documentos%20UGA/Legislacion/03\\_Contaminaci%C3%B3n%20Ambiental/03\\_Desechos%20Peligrosos%20y%20No%20Peligrosos/GACETA%20210%20NTON%20MANEJO%20Y%20ELIMINACION%20DE%20RESIDUOS%20SOLIDOS%20PELIGROSOS.pdf](http://www.mific.gob.ni/Portals/0/Documentos%20UGA/Legislacion/03_Contaminaci%C3%B3n%20Ambiental/03_Desechos%20Peligrosos%20y%20No%20Peligrosos/GACETA%20210%20NTON%20MANEJO%20Y%20ELIMINACION%20DE%20RESIDUOS%20SOLIDOS%20PELIGROSOS.pdf)
- ✓ Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. España. (01 de Abril de 2016). Obtenido de Fenercom: [www.fenercom.com/.../Guia-de-Ahorro-y-Eficiencia-Energetica-en-Hospitales.pdf](http://www.fenercom.com/.../Guia-de-Ahorro-y-Eficiencia-Energetica-en-Hospitales.pdf)
- ✓ Ministerio de Salud. (02 de Abril de 2016). Obtenido de enriquebolanos.org: <http://enriquebolanos.org/data/media/informe/Estudio%20Hospital%20Antonio%20Lenin%20Fonseca,%20Noviembre%202004.pdf>
- ✓ Ministerio de Salud. (02 de Abril de 2016). Obtenido de enriquebolanos.org: <http://enriquebolanos.org/data/media/informe/Estudio%20Hospital%20Manuel%20de%20Jes%C3%BAs%20Rivera%20La%20Mascota,%20Noviembre%202004.pdf>
- ✓ Ministerio de Salud Pública. (2001). *Requisitos Generales de Seguridad*. Habana.
- ✓ Ministerio del trabajo. (2008). Compilación de leyes y normativas en materias de higiene y seguridad del trabajo (1993-2008). *Conferencia del Ministerio del trabajo*, (págs. 249-585). Managua.
- ✓ National Electrical Code. (2008). *National Fire Protection Association*. Obtenido de <http://www.nfpa.org/AboutTheCode/AboutTheCodes.asp?DocNum=70&EditID=238>
- ✓ National Fire Protection Association. (1993). *NFPA 99-1993*.
- ✓ Orbelith de la Concepción Murillo Jarquín, E. M. (27 de Marzo de 2016). Obtenido de FAREM, UNAN: <http://www.farem.unan.edu.ni/revistas/index.php/RCientifica/article/download/13/11>
- ✓ República de Colombia. (2005). *Código Eléctrico Colombiano*. Bogotá: Digitos y Diseños.
- ✓ Universidad de Alcalá. (04 de Noviembre de 2015). *Bioingeniería*. Obtenido de <http://www.bioingenieria.edu.ar/academica/catedras/bioingenieria2/archivos/apuntes/tema%202%20-%20seguridad%20elctrica.pdf>

- ✓ Universidad de San Juan, Argentina. (2011). *UNSJ*. Obtenido de Redes IT. Instalaciones Hospitalarias: <http://dea.unsj.edu.ar/ihospitalarias/Redes%20IT.pdf>
- ✓ Universidad de Washington. (22 de Marzo de 2011). Obtenido de Tecnologías avanzadas de construcción energéticamente eficientes para hospitales de alto rendimiento: [http://www.gotham360.com/NYC\\_Logistics\\_agenda.pdf](http://www.gotham360.com/NYC_Logistics_agenda.pdf)
- ✓ Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. (2003). *Análisis del ambiente interno del servicio de emergencias del Hospital Regional Santiago de Jinotepe*. Managua, Nicaragua.
- ✓ Universidad Nacional de Ingeniería. (2013). *Guía para temas monográficos*. Managua: Facultad de Electrotecnia y Computación.
- ✓ Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna. (2013). *Sistemas de calentamiento de agua con energía solar: Una alternativa para el gerenciamiento por el lado de la demanda. xx Simposio peruano de energía solar y del ambiente*, (págs. 05-12). Tacna, Perú.
- ✓ Vivas, J. P. (2012). *La Seguridad Contra Incendios en Hospitales*. Madrid, España.

#### • Sitios web

- ✓ Autosolar. (28 de Abril de 2016). Obtenido de Autosolar: <http://autosolar.es/kits-solares/kit-solar-aislada/kit-solar-fotovoltaico>
- ✓ Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas. (2012). *Norma Oficial Mexicana*. Obtenido de NOM-001: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5280607&fecha=29/11/2012](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5280607&fecha=29/11/2012)
- ✓ E.Lichtenstein, I. S. (2010). *Servicios Eléctricos*. Obtenido de Seguridad Eléctrica en Salas de Cirugía: <http://www.servelec.com.ar/pdf/Lichtenstein-04-2010.pdf>
- ✓ Instituto Nicaragüense de Electricidad. (02 de Abril de 2015). Obtenido de Ine: <http://www.ine.gob.ni/DGE/HistoricoFactura/HistoricoFacturaDetalle.php>
- ✓ Instituto Nicaragüense de Estadísticas. (16 de Marzo de 2016). Obtenido de Inide.gob: <http://www.inide.gob.ni/estadisticas/Cifras%20municipales%20a%C3%B1o%202012%20INIDE.pdf>

- ✓ Ministerio de Salud, Perú. (28 de Marzo de 2015). Obtenido de Minsa: [ftp://ftp2.minsa.gob.pe/.../Sistema%20Electrico%20HNDM\\_3220.pd](ftp://ftp2.minsa.gob.pe/.../Sistema%20Electrico%20HNDM_3220.pd)
- ✓ POWERSUM. (2013). *Sistemas ininterrumpidos de potencia eléctrica de grado Hospitalario*. Obtenido de UPS INDUSTRIALES POWERSUM: [www.powersum.com](http://www.powersum.com)
- ✓ Pronicaragua. (30 de Marzo de 2015). Obtenido de Pronicaragua: <http://www.pronicaragua.org/es/descubre-nicaragua/poblacion>
- ✓ República de Colombia. (02 de Abril de 2007). *Ministerio de Minas y Energía*. Obtenido de Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas : [www.minminas.gov.co](http://www.minminas.gov.co)
- ✓ Res\_Hospitals. (03 de Abril de 2016). Obtenido de res-hospitals: <http://www.res-hospitals.eu/LinkClick.aspx?fileticket=DYfuNIIM9YM%3D&tabid=741>
- ✓ Salud Sin Daño. (12 de Octubre de 2011). *Hospitales por la Salud Ambiental*. Obtenido de Agenda Global para Hospitales Verdes y Saludables: <http://www.hospitalesporlasaludambiental.net>
- ✓ Schneider Electric. (29 de Abril de 2016). Obtenido de Schneider Electric: [http://www.schneider-electric.com.co/documents/local/ListadePrecios/Lista\\_de\\_Precios\\_2014\\_Schneider\\_Electric\\_Construccion.pdf](http://www.schneider-electric.com.co/documents/local/ListadePrecios/Lista_de_Precios_2014_Schneider_Electric_Construccion.pdf)
- ✓ Schneider Electric España, S.A. (Abril de 2010). *Guía de diseño de instalaciones eléctricas 2010*. Obtenido de Colección técnica: <http://www.schneiderelectric.es>
- ✓ Slideshare. (07 de Noviembre de 2015). Obtenido de <http://es.slideshare.net/vfloresg/seguridad-electrica-en-instalaciones-hospitalarias>
- ✓ Tripplite. (30 de Abril de 2016). Obtenido de Tripplite: <http://www.tripplite.com/sku/SMART2500XLHG/lang/es>

## **Acrónimos**

**A:** Amperio.

**ANSI:** Instituto Nacional Americano de Normas, por sus siglas en inglés, American National Standards Institute.

**CIEN:** Código de Instalaciones Eléctricas de Nicaragua.

**Hsp:** Hospital

**IEC:** Comisión Electrotécnica Internacional, por sus siglas en inglés, International Electrotechnical Commission.

**IEEE:** Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos, por sus siglas en inglés, Institute of Electrical and Electronics Engineers.

**ISO:** Organización de Normas Internacionales, por sus siglas en inglés, International Standards Organizations.

**KVA:** Kilo volt-amperios.

**kW:** Kilowatts

**kWh:** Kilowatts-hora

**mA:** Miliamperios.

**mm:** Milímetros.

**NEC:** Código Eléctrico Nacional, por sus siglas en inglés, National Electrical Code. **NFPA:** Asociación Nacional de Protección Contra Incendios, por sus siglas en inglés, National Fire Protection Association.

**NTON:** Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense.

**SWERA:** Valoración de los recursos de energía solar y eólica, por sus siglas en inglés, Solar and Wind Energy Resource Assessment

**U.L.:** Laboratorios de Certificación, por sus siglas en inglés, Underwriter Laboratories.

**uA:** Microamperios .

**UPS:** sistemas de alimentación ininterrumpida, por sus siglas en inglés, Uninterruptible Power Supply.

## Glosario

- **Anestésicos inflamables:** Gases o vapores tales como el fluoreno, ciclopropano éter divinilo, cloruro etílico, éter etílico, y etileno los cuales pueden formar mezclas inflamables o explosivos con el aire, oxígeno o gases reductores tales como el óxido nitroso.
  
- **Áreas con anestésicos inflamables:** Cualquier área de la instalación que ha sido diseñada para ser usada en la administración de cualquier agente anestésico inhalador inflamable, en el curso normal de una evaluación o tratamiento.
  
- **Áreas para el cuidado de pacientes:** Áreas de una instalación para el cuidado de la salud en la cual el cuidado de los pacientes es administrado y clasificado como una área de cuidado general, área de cuidado crítico, y lugares con humedad. Hay tres tipos de áreas de acuerdo con el tipo de cuidado del paciente:
  - 1) Áreas de cuidado general son las de recámaras para pacientes, cuartos para auscultación, cuartos para tratamientos clínicos, y áreas similares en los cuales se pretende que el paciente debe estar en contacto con dispositivos ordinarios tales como un sistema de llamado a enfermeras, camas eléctricas, lámparas de auscultación, teléfonos, y dispositivos de mantenimiento.
  
  - 2) Áreas de cuidado crítico son aquellas unidades de cuidado especial como: Unidades de cuidado intensivo, unidades de cuidado de las coronarias, laboratorios de angiografía, laboratorios de caterización cardíaca, cuartos de expulsión, cuartos de operaciones, y áreas similares en las cuales los pacientes son sujetos a procedimientos intensivos y conectados a dispositivos electromédicos.

3) Lugares húmedos son aquellas áreas de cuidado de pacientes que estén normalmente sujetas a condiciones de humedad, incluyendo agua estancada en el piso o áreas mojadas o empapadas en forma rutinaria.

- **Casa de enfermeras:** Un edificio o parte de él usado para hospedaje, junta directiva y cuidado por enfermeras, en una base de 24 horas, para cuatro o más personas, quienes debido a incapacidad mental o psíquica, podrían estar imposibilitadas para proveerse su propia seguridad y necesidades, sin la asistencia de otra persona. Las casas de enfermeras, deben incluir casas de enfermeras y de convalecencia, instalaciones para enfermeras calificadas, instalaciones de cuidado intermedio y casas para personas de edad avanzada.
- **Circuitos de seguridad vital:** Un subsistema del sistema de emergencia, que consiste de alimentadores y circuitos derivados, y son usados para proveer necesidades de energía adecuadas para asegurar la seguridad de los pacientes y del personal, los cuales se conectan automáticamente a una fuente de energía alterna durante la interrupción de la fuente de energía normal.
- **Circuitos derivados críticos:** Los circuitos secundarios de un sistema de emergencia consistente de alimentadores y circuitos derivados suministrando energía para actividades de iluminación, circuitos especiales de energía, y receptáculos seleccionados, que sirven en áreas y funcionan en lo relacionado con el cuidado de los pacientes, y los cuales están conectados a fuentes de energía alterna por uno o más interruptores de transferencia durante la interrupción de la fuente normal de energía, deben entenderse como circuitos derivados críticos.



- **Corriente peligrosa:** La corriente total que fluye a través de una baja impedancia entre cualquiera de los conductores aislados y tierra, para un juego dado de conexiones en un sistema de energía aislado.
- **Corriente peligrosa de falla:** La corriente peligrosa de un sistema aislado con todos los dispositivos conectados excepto el monitor de la línea de aislamiento.
- **Corriente peligrosa del monitor:** La corriente peligrosa de la línea de aislamiento del monitor solamente.
- **Corriente peligrosa total:** La corriente peligrosa de un sistema aislado con todos los dispositivos conectados a él, incluyendo el monitor de la línea de aislamiento.
- **Equipo Terapéutico de alta frecuencia diatérmico:** Es un equipo terapéutico de calentamiento dieléctrico y por medio de inducción.
- **Hospital:** Un edificio o parte de él usado para el cuidado médico, psiquiátrico, obstétrico o quirúrgico. Un hospital, siempre que se use en éste Código deberá incluir hospitales generales, hospitales mentales, hospitales para tuberculosis, hospitales para niños, y cualquier instalación en la cual se provea cuidado de pacientes.
- **Hospital psiquiátrico:** Un edificio usado exclusivamente para el cuidado psiquiátrico, en una base de 24 horas con 4 o más pacientes.
- **Iluminación en lugares de trabajo:** Proveer el mínimo de iluminación requerido para llevar a cabo los trabajos o tareas necesarias en las áreas descritas, incluyendo acceso de seguridad a equipos y suministros, y acceso a las salidas.

- **Instalaciones de cuidado y custodia residencial:** Un edificio o parte de él usado para la atención de 4 o más personas que pueden ser incapaces de su propia preservación debido a limitaciones físicas o mentales.
- **Instalaciones de rayos X (Móvil):** Un equipo de rayos X, montado sobre una base con ruedas u otra construcción que le permite ser movido mientras permanece completamente ensamblado.
- **Instalaciones de rayos X (Portátil):** Equipos de rayos X que pueden ser cargados manualmente por una persona
- **Instalaciones de rayos X (Régimen momentáneo):** Régimen basado en un intervalo de operación que no exceda de los 5 segundos.
- **Instalaciones de rayos X (Régimen prolongado):** Es el régimen basado en un intervalo de operación de 5 minutos o más.
- **Instalaciones de rayos X (Transportable):** Equipo de rayos X para ser instalado en un vehículo o que puede ser desarmado para transportarlo en un vehículo.
- **Instalaciones para el cuidado de la salud:** Edificios o partes de edificios que contienen pero no están limitadas a la ocupación para fines tales como: hospitales, casas de enfermería, instalaciones para el cuidado y custodia residencial, instalaciones para el cuidado y supervisión, clínicas, oficinas médicas y dentales, e instalaciones ambulantes para el cuidado de la salud, ya sean fijas o móviles.
- **Locales para anestesia:** Cualquier área en una instalación para el cuidado de la salud, que ha sido diseñada para ser utilizada para la aplicación de agentes anestésicos de inhalación flamable o no flamable

durante el curso de un examen o tratamiento incluyendo el uso de tales agentes para tratamientos de emergencia.

- **Monitor de línea de aislamiento:** Un instrumento de pruebas diseñado para comprobar continuamente la impedancia balanceada y desbalanceada de cada línea de un circuito aislado a tierra, y equipado con un circuito de prueba incorporado para probar la alarma sin incluir la corriente peligrosa de fuga.
- **Puestos de enfermeras:** Áreas destinadas para proveer un centro de actividad para enfermeras o grupos de enfermeras atendiendo camas de pacientes, donde las llamadas de los pacientes son recibidas, se envía a las enfermeras para atenderlos, áreas para notas escritas para las enfermeras, preparación de recetas de pacientes, y preparación de medicamentos para la distribución de los pacientes. Donde tales actividades se llevan a cabo en más de un lugar dentro de una unidad de enfermeras, todas esas áreas separadas son consideradas como una parte del puesto de enfermeras.
- **Punto de referencia a tierra.** La barra a tierra del tablero de distribución o del equipo del sistema aislado que suministra energía al área de cuidado del paciente.
- **Puntos de aterrizamiento para equipo de pacientes:** un contacto o barra terminal, el cual está destinado como punto colector para puesta a tierra redundante de dispositivos eléctricos, sirviendo en la vecindad de un paciente, o para aterrizar otros dispositivos, con objeto de eliminar problemas de interferencia electromagnética.
- **Sistema eléctrico esencial:** Un sistema constituido por fuentes alternas de energía y todos los sistemas de distribución conectados y equipo

auxiliar destinado para asegurar la continuidad de la energía eléctrica para áreas específicas y funciones e instalaciones del cuidado de la salud durante la interrupción de la fuente normal de energía y también destinado para minimizar disturbios dentro de los sistemas internos de la instalación eléctrica.

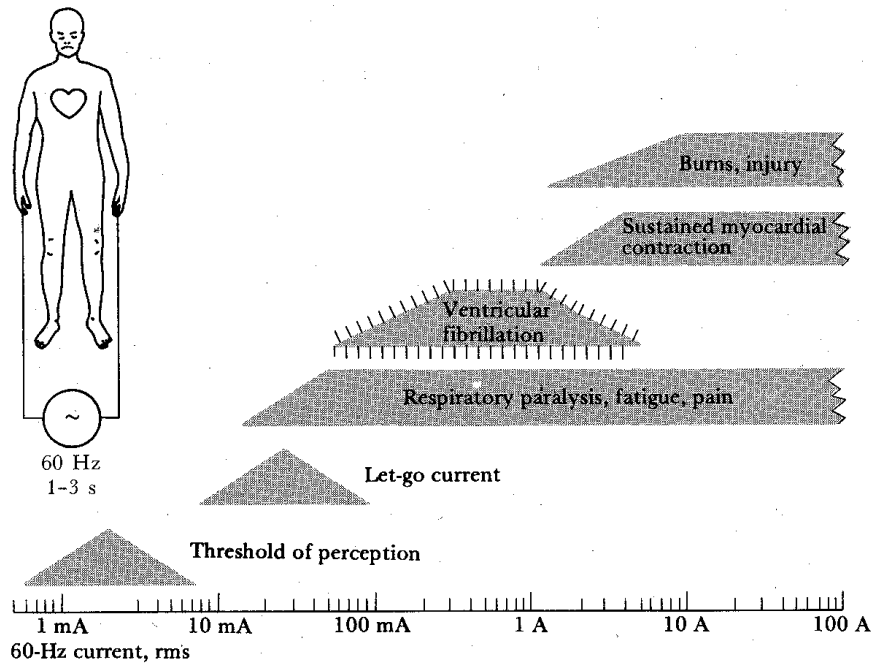
- **Sistemas aislados:** Un sistema comprendiendo un transformador de aislamiento o su equivalente, un monitor de línea aislada, y sus circuitos conductores no puestos a tierra.
- **Sistemas de emergencia:** Un sistema constituido por alimentadores y circuitos derivados, destinados a suministrar energía alterna a un número limitado de funciones consideradas vitales para la protección de la vida y la seguridad del paciente, con restablecimiento automático de la energía dentro de 10 segundos después de la interrupción .
- **Sistemas de equipamiento:** Un sistema de alimentadores y circuitos derivados arreglados para retrasar la conexión automática o manual a las fuentes de energía alterna y que suministra energía primordialmente a equipos trifásicos.
- **Superficies conductoras expuestas:** Superficies que son capaces de transportar corriente eléctrica y las cuales están desprotegidas, no encerradas o no resguardadas, y que permiten el contacto del personal. La pintura, la galvanización, y recubrimientos similares, no se consideran aislamientos adecuados, a menos que sean certificados para ese uso.
- **Tomacorriente ‘Tipo Hospital’:** Es un tomacorriente puesto a tierra y que es identificado por un punto verde en la parte frontal del mismo, de tal manera que es fácilmente visible por el personal

- **Tomacorrientes seleccionados:** El número mínimo de tomacorrientes eléctricos para utilizar equipos normalmente requeridos para tareas locales o para las que generalmente se usan en el cuidado de los pacientes en caso de emergencia.
- **Transformador de aislamiento:** Un transformador del tipo multidevanado, con los devanados primarios y secundarios físicamente separados, que se acoplan inductivamente.
- **Vecindad de un paciente:** Área destinada normalmente para el cuidado de pacientes, la vecindad de un paciente, es el espacio con superficies las cuales están en contacto con el paciente o un asistente que puede tocar al paciente.

## VII. Anexos

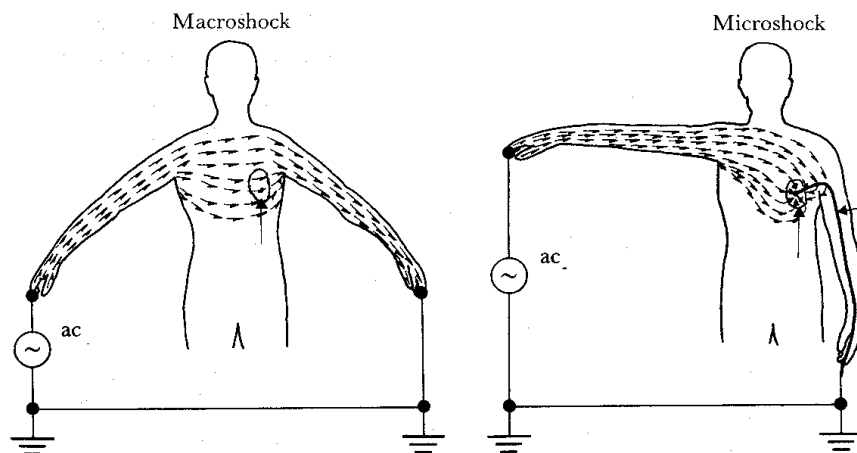
### Anexo 01: Imágenes

Imagen No. 01: Efectos fisiológicos de la corriente eléctrica.



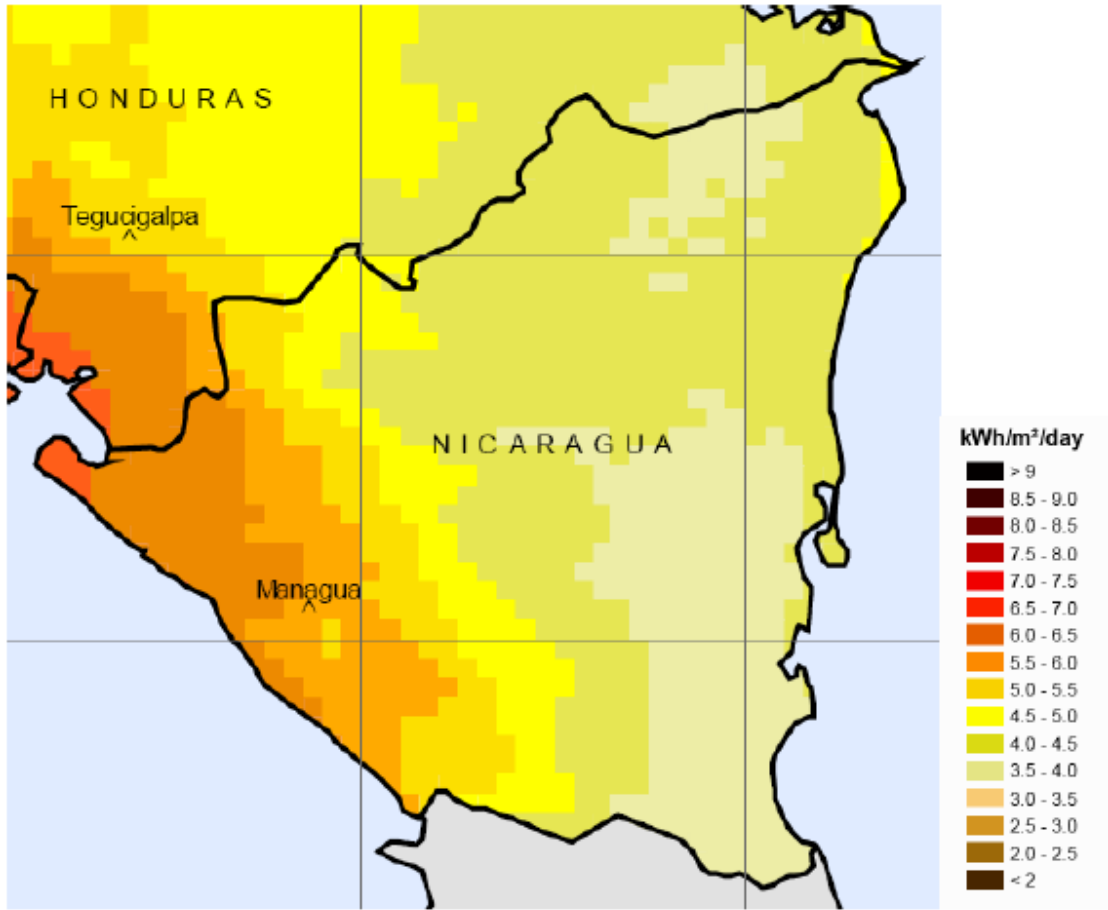
Fuente: Universidad de Alcalá

Imagen No 02: Efectos de los puntos de entrada en la distribución de la corriente por el cuerpo.



Fuente: Universidad de Alcalá.

Imagen N° 03: Radiación Solar en Nicaragua



Fuente: SWERA.

## **Anexo 02: Normativas Evaluadas en Hospitales Muestra**

**CIEN 517-18:** Áreas de Cuidado General

**CIEN 517-19:** Áreas de Cuidado Crítico

**CIEN 517-31:** Sistemas de Emergencias

**CIEN 517-34:** Circuito Derivado de Seguridad de la Vida

**CIEN 517-60:** Clasificación de los Locales de Anestesia

**CIEN 517-160:** Sistemas de Energía Aislados

**CIEN 760-16:** Sistemas Contra Incendios

**CIEN Art.517, Apéndice E:** Instalaciones de Rayos X

**NTON 05015-01:** Manejo y Eliminación de Residuos Sólidos Peligrosos

**NTON 12 006-14:** De Accesibilidad

**NTON 22 002-09:** Instalaciones de Protección Contra Incendios.



## Anexo 03: Diagramas (CIEN 517-30)

Diagrama No 01: Sistema Eléctrico Para Hospitales Pequeños

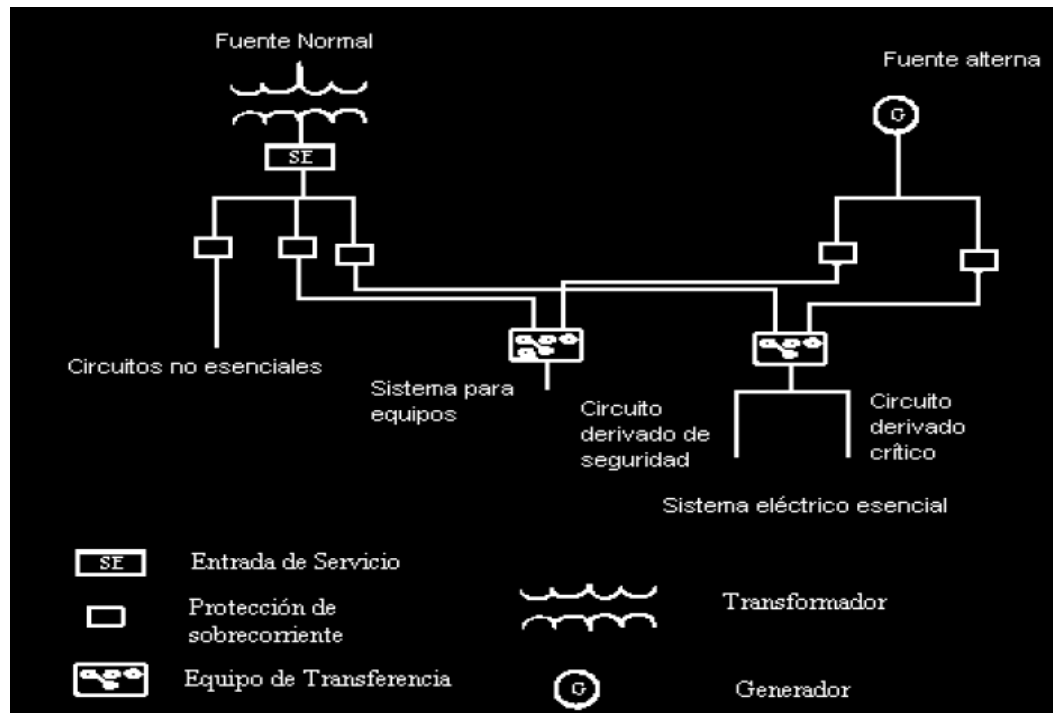
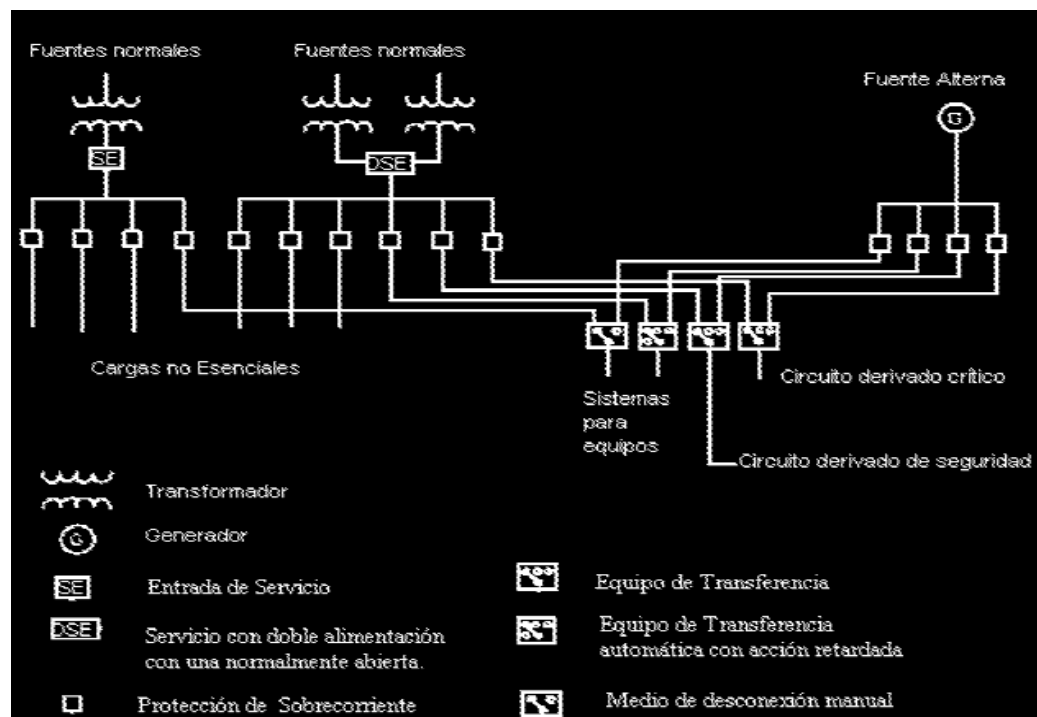
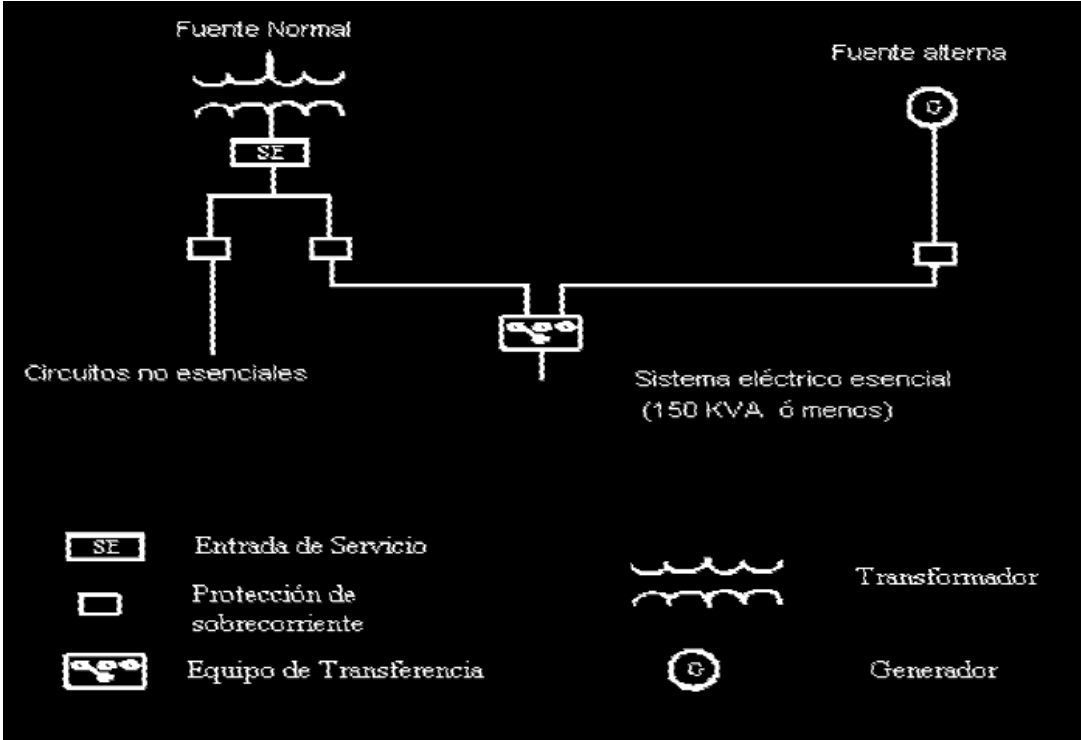


Diagrama No 02: Sistema Eléctrico Para Hospitales Grandes



**Diagrama No 03: Sistema Eléctrico Para Hospitales Pequeños con un solo equipo de transferencia.**



## Anexo 04: Formatos de visitas

Área de cuidado general (CIEN 517-18)												
Camas de paciente	Cantidad	Conexión		Sist. de Tierra		Etiqueta		Certificado		Protección resistente		Fecha:
		Normal	Emergencias	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Observación
Circuito derivado												
Tomacorriente												
Pediatría												

*Fuente: Propia*

Área de cuidado crítico (CIEN 517-19)												
Camas de paciente	Cantidad	Conexión		Sist. de tierra		Etiqueta		Certificado		Sección conductor 5.26mm2		Fecha:
		Normal	Emergencias	Si	No	Si	No	Si	No	Menor	Mayor	Observaciones
Circuitos derivados												
Tomacorrientes										-	-	
S.T. Vecindad		-	-									

Puesta a tierra en tablero	Tipo			Seguro				Observaciones	
	Canalización metálica		cable	Conector de puente	Puentes de unión	Terminales roscadas	Ninguna		
			MC						
			MI						

*Fuente: Propia*

Sistema eléctrico esencial (CIEN 517-30)										
Sistemas	Cantidad	Sistemas		Transferencia		Protección mecánica S.E		Capacidad /demanda		Observaciones
		Normal	Emergencias	Si	No	Si	No	Adecuada	Inadecuada	
				Cantidad:						

Fuente: Propia

Sistema eléctrico de emergencias		
Circuito derivado Seguridad de vida (CIEN 517-32)		
Medios de escape	Iluminación	Señalización de salida
Sistema de alarma	Detector de humo/Aspersores	Fuga de gases medicinales/industriales
Sistemas de comunicación	Iluminación/Señalización	Control/Comunicación
Elevadores		
Local de grupo generador	Iluminación	Tomacorrientes

Fuente: Propia

Circuito derivado crítico (CIEN 517-33)		Fecha:	
Locales de anestesia		Alumbrado	
Áreas de cuidado al paciente			
		Si	No
Puesto de enfermeras			
Sistemas aislados de energía			
Alumbrado adicional especializado y contactos			
Sistema de "llamada de enfermeras".			
Banco de sangre, de hueso y de tejidos.			
Salas y armarios para centrales telefónicas.			
Iluminación del lugar de trabajo, tomacorrientes y circuitos especiales de energía para:			
Camas de cuidados generales (al menos un tomacorriente dúplex por cuarto de pacientes).			
Laboratorios angiográficos.			
Laboratorios de cateterización cardíaca			
Unidad de cuidado coronario.			
Áreas o salas de hemodiálisis.			
Áreas de tratamientos en salas de emergencia			
Laboratorios de fisiología humana.			
Unidad de cuidados intensivos.			
Salas de recuperación post-operatoria (seleccionados).			
Circuitos especiales de alimentación necesarios para la efectiva operación del hospital.			

Fuente: Propia

Conexión del sistema de equipos a la fuente de energía auxiliar (CIEN 517-34)					
Conexión para equipos de retardo automático			Conexión para equipos de retardo automático o manual		
Sistemas	Si	No	Sistemas	Si	No
Sistema central de succión, sirviendo funciones de cirugía y médica			Equipos de climatización		
			Ascensores seleccionados		
Bombas de desagüe y otros equipos cuya operación sea requerida para la seguridad de aparatos mayores			Suministro de extracción y ventilación		
			Locales de servicio hiperbáricos		
			Locales de servicio hipobáricos		
Sistemas de aire comprimido que sirven funciones quirúrgicas y médicas			Puertas automáticas		
			Autoclaves		

*Fuente: Propia*

Locales de anestesia (CIEN 517-60)						
Lugares Clase I, División 1	Dentro		Encima		Distinto a los lugares peligrosos	
Alambrado	Cordones flexibles/Dispositivo para almacenar (mayor a 76mm)		Cubierta sellada al paso de vapores		Armadura o cubierta metálica exterior con retorno a tierra	
	Partes vivas descubiertas		Partes vivas descubiertas		Certificado como equipo con retorno a tierra	
	Tipo MI o MC		Tipo MI o MC		Tipo MI o MC	
	Punteado adecuado		En conduit metálico pared gruesa		Canalización o cable metálico	
Tomacorrientes	Certificados para clase I, grupo C		Tipo hospital		Tipo hospital	
	Puesto a tierra		Puesto a tierra		Puesto a tierra	
	-	-	2 polos , 3 hilos, 1 fase tierra		2 polos , 3 hilos, 1 fase tierra	
	-	-	120 V CA		120 o 220V CA	
Tomacorrientes 60 A, 220 V CA	-	-	Tipo hospital		Tipo hospital	
	-	-	2 polos, 3 hilos		2 polos, 3 hilos	
	-	-	Arreglo para aceptar enchufes de 50 o 60 A		Arreglo para aceptar enchufes de 50 o 60 A	
Tomacorrientes 50 A, 220 V CA	-	-	Tipo hospital		Tipo hospital	
	-	-	2 polos, 3 hilos		2 polos, 3 hilos	
	-	-	Arreglo para aceptar solo enchufes de 50 A		Arreglo para aceptar solo enchufes de 50 A	
	-	-	Contacto para conductor aislado		Contacto para conductor aislado	
	-	-	Puesta a tierra amarillo/ verde amarillo		Puesta a tierra amarillo/ verde amarillo	

Fuente: Propia

Instalaciones de Rayos X (CIEN 517 71-74)										
Circuito alimentación		Capacidad					Circuito de control		Conductores	
De diagnóstico	Medios de conexión	Menos	50%	100%	+25%	+10%	Calibre		18	16
	Conductores						Cantidad			
	Contra sobrecorrientes						Flexible			
Terapéuticos	Conductores				-	-	Capacidad del control (A)			
	Contra sobrecorrientes				-	-				

Fuente: Propia

Protección y puesta a tierra (CIEN 517-78)									
Partes alta tensión				Partes metálicas		Calibre		Fecha:	
Aislamiento	Aceite	Aire	Gas	Conductor				Observaciones	
Dentro de C.P.T	Si	No		Cobre aislado		Si	No		
Cables de baja tensión	Tipo			Puesta a tierra		Si	No		
Aislamiento	Aceite	Otro:		Capacidad (A)					

Fuente: Propia

Sistemas de energía aislados (CIEN 517-160)							
Instalaciones					Monitor		Fecha:
Interruptor	No Polos:		Circuito aislado	Color	Alarma		Observaciones
Circuito de alimentación	>600V		Cond.1	Naranja	Visual	Audible	
	Protección C.S		Cond.2	Café	Impedancia a tierra		
Circuitos alimentados desde baterías	Aterrizado/No A.		Cond.3	Amarillo	Amperímetro		
Capacidad del Transformador	>10kVA				Calibrado	Visible	

Fuente: Propia

Sistema contra incendios (CIEN 760-16)							
Identificación en terminales o uniones	Si		Conductor de cobre	Sección mm <sup>2</sup>	0.8235		Fecha:
	No				1.307		Observación
Puesto a tierra	Si	No	Aislamiento	Tipo	Si	No	

Fuente: Propia



## Anexo 05: Tablas

**Tabla No 01: Efectos fisiológicos de la corriente eléctrica.**

Intensidad	Efectos fisiológicos que se presentan en condiciones normales
0-0.5 mA	No se Observan sensaciones ni efectos. El umbral de percepción se sitúa en 0.5 mA
0.5-10 mA	Calambres y movimientos reflejos musculares. El umbral de no soltar se sitúa en 10 mA
10-25 mA	Contracciones musculares. Agarrotamiento de piernas y brazos con dificultad de soltar objetos. Aumento de la presión arterial y dificultades respiratorias.
25-40 mA	Irregularidades cardiacas. Quemaduras, asfixia a partir de 4 seg.
40-100 mA	Efectos anteriores con mayor intensidad y gravedad. Fibrilación y arritmias cardiacas.
~1 A	Fibrilación y paro cardiaco. Quemaduras muy graves. Alto riesgo de muerte
1-5 A	Quemaduras muy graves. Paro cardiaco con elevada probabilidad de muerte.

*Fuente: Propia*

**Tabla No 02: Tabla 400-4. Cordones y cables flexibles**

Nombre Comercial	Tipo de cordón o cable	Sección Transversal (mm <sup>2</sup> )	Número de conductores	Aislamiento	Espesor de aislamiento nominal*		Malla sobre cada conductor	Material de la cubierta exterior	Uso		
					Calibre (mm <sup>2</sup> )	mm					
Cable para elevador	ET Ver nota 5	0.519 a 2.082	2 ó más	Termoplástico	0.519 - 1.309	0.51	Rayón	Tres de algodón o equivalente. Una exterior retardante al fuego y resistente a la humedad. Ver nota 3.	En lugares No Peligrosos húmedos		
	ETLB Ver nota 5				2.082	0.76	No				
	ETP Ver nota 5			Termoplástico			Rayón	Termoplástico	En lugares Peligrosos (Clasificados)		
	ETT Ver nota 5			Termoplástico			No	Una de algodón o equivalente y una cubierta Termoplástica	En lugares Peligrosos (Clasificados)		
Cable de Energía portátil	G	8.367 a 253.4	2 a 6 más conductor (es) de Tierra	Termofijo	8.367 - 33.63 42.41 - 107.2 126.68 - 253.36	1.52 2.03 2.41		Termofijo Resistente al Aceite	Portátil. Uso Extra Pesado y como se permite en las Secciones 520-68 a) y 530-12		
Cordón para calentador	HPD	0.823 a 3.307	2, 3 ó 4	Termofijo con Asbesto o todo Termofijo	Termofijo 0.823 - 1.309 2.082-3.307	0.38 0.76	No	Algodón o Rayón	Calentadores Portátiles	En lugares Secos	No para Uso Pesado
Cordón	HPN	0.823 a	2 ó 3	Termofijo	0.823 -	1.14	No	Termofijo	Portátil	En lugares	No para

**Tabla No 03: Porcentaje poblacional de Nicaragua.**

<b>Departamento</b>	<b>Población</b>	<b>% del Total</b>
Managua	1,480,270	24.00%
Matagalpa	547,500	8.88%
RAAN	476,298	7.72%
Jinotega	438,412	7.11%
Chinandega	419,753	6.81%
León	399,879	6.48%
RAAS	380,121	6.16%
Masaya	361,914	5.87%
Nueva Segovia	249,376	4.04%
Estelí	223,356	3.62%
Granada	201,993	3.28%
Chontales	191,127	3.10%
Carazo	186,438	3.02%
Rivas	172,289	2.79%
Boaco	160,711	2.61%
Madriz	158,705	2.57%
Río San Juan	119,095	1.93%
<b>Total</b>	<b>6,167,237</b>	<b>100.00%</b>

*Fuente: INIDE*

**Tabla No 04: Demanda poblacional efectiva proyectada a 5 años.**

<b>Demanda de Atención Según Crecimiento Poblacional</b>						
<b>Hospital</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>1017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
<b>1</b>	2,096	2,431.36	2,747.44	3,049.65	3,385.12	3,791.33
<b>2</b>	1,497	1,736.52	1,962.27	2,178.12	2,417.71	2,707.84
<b>3</b>	1,682	1,951.12	2,204.77	2,447.29	2,716.49	3,042.47
<b>4</b>	1,259	1,460.44	1,650.30	1,831.83	2,033.33	2,277.33
<b>5</b>	358	415.28	469.27	520.89	578.18	647.57
<b>6</b>	622	721.52	815.32	905.00	1,004.55	1,125.10
<b>7</b>	807	936.12	1,057.82	1,174.18	1,303.33	1,459.73

*Fuente: Propia*

**Tabla No 05: Demanda eléctrica promedio según crecimiento poblacional.**

<b>Demanda Eléctrica Promedio Proyectada a 5 años Según C.P. (kWh/día)</b>						
<b>Hospital</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
<b>1</b>	8,577.65	9,950.07	11,243.58	12,480.38	13,853.22	15,515.61
<b>2</b>	7,578.70	8,791.29	9,934.16	11,026.92	12,239.88	13,708.66
<b>3</b>	4,175.01	4,843.01	5,472.60	6,074.59	6,742.79	7,551.93
<b>4</b>	3,832.10	4,445.24	5,023.12	5,575.66	6,188.98	6,931.66
<b>5</b>	339.06	393.31	444.44	493.33	547.59	613.30
<b>6</b>	412.30	478.27	540.44	599.89	665.88	745.78
<b>7</b>	6,763	7,845.08	8,864.94	9,840.08	10,922.49	12,233.19

*Fuente: Propia*

**Tabla No 06: Rubros y costos de inversión en cada hospital**

<b>Inversión de Trabajos Hsp 1</b>	<b>Q</b>	<b>C/U</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Actualización de planos	1	\$ 2,800.00	\$ 2,800.00
Cambio de Panel Principal	1	\$ 4,000.00	\$ 4,000.00
Cambio de Sub Paneles	15	\$ 610.00	\$ 9,150.00
Grupo Electrónico	1	\$ 74,000.00	\$ 74,000.00
Diseño de Malla de Tierra (m)	1,600	\$ 16.00	\$ 25,600.00
Sistema UPS	3	\$ 617,000.00	\$ 1,851,000.00
Renovación de la Red de Distribución (m)	1,900	\$ 25.00	\$ 47,500.00
Sistemas Contra Incendios (m)	1,200	\$ 11.00	\$ 13,200.00
<b>Total</b>			<b>\$ 2,027,250.00</b>

*Fuente: Propia*

<b>Inversión de Trabajos Hsp 2</b>	<b>Q</b>	<b>C/U</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Actualización de planos	1	\$ 2,800.00	\$ 2,800.00
Cambio de Acometida (m)	27	\$ 35.00	\$ 945.00
Cambio de Panel Principal	1	\$ 3,500.00	\$ 3,500.00
Cambio de Sub Paneles	13	\$ 610.00	\$ 7,930.00
Grupo Electrónico	1	\$ 53,000.00	\$ 53,000.00
Diseño de Malla de Tierra (m)	2,900	\$ 16.00	\$ 46,400.00
Sistema UPS	3	\$ 455,900.00	\$ 1,367,700.00
Renovación de la Red de Distribución (m)	3,600	\$ 25.00	\$ 90,000.00
Sistemas Contra Incendios (m)	3,000	\$ 11.00	\$ 33,000.00
<b>Total</b>			<b>\$ 1,605,275.00</b>

*Fuente: Propia*

<b>Inversión de Trabajos Hsp 3</b>	<b>Q</b>	<b>C/U</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Actualización de planos	1	\$ 2,800.00	\$ 2,800.00
Cambio de Sub Paneles	3	\$ 610.00	\$ 1,830.00
Grupo Electrónico	1	\$ 20,500.00	\$ 20,500.00
Diseño de Malla de Tierra (m)	430	\$ 16.00	\$ 6,880.00
Renovación de la Red de Distribución (m)	320	\$ 25.00	\$ 8,000.00
<b>Total</b>			<b>\$ 32,010.00</b>

*Fuente: Propia*

<b>Inversión de Trabajos Hsp 4</b>	<b>Q</b>	<b>C/U</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Actualización de planos	1	\$ 2,800.00	\$ 2,800.00
Cambio de Panel Principal	1	\$ 3,500.00	\$ 3,500.00
Cambio de Sub Paneles	7	\$ 610.00	\$ 4,270.00
Grupo Electrónico	1	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00
Diseño de Malla de Tierra (m)	450	\$ 16.00	\$ 7,200.00
Sistema UPS	3	\$ 259,900.00	\$ 779,700.00
Renovación de la Red de Distribución (m)	650	\$ 25.00	\$ 16,250.00
<b>Total</b>			<b>\$ 818,720.00</b>

*Fuente: Propia*

<b>Inversión de Trabajos Hsp 5</b>	<b>Q</b>	<b>C/U</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Actualización de planos	1	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00
Cambio de Acometida	16	\$ 27.00	\$ 432.00
Cambio de Panel Principal	1	\$ 3,500.00	\$ 3,500.00
Cambio de Sub Paneles	3	\$ 610.00	\$ 1,830.00
Grupo Electrónico	1	\$ 33,000.00	\$ 33,000.00
Diseño de Malla de Tierra (m)	200	\$ 16.00	\$ 3,200.00
Sistema UPS	1	\$ 220,900.00	\$ 220,900.00
Renovación de la Red de Distribución (m)	670	\$ 25.00	\$ 16,750.00
Sistemas Contra Incendios (m)	460	\$ 11.00	\$ 5,060.00
<b>Total</b>			<b>\$ 286,172.00</b>

*Fuente: Propia*

<b>Inversión de Trabajos Hsp 6</b>	<b>Q</b>	<b>C/U</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Actualización de planos	1	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
Cambio de Acometida	24	\$ 35.00	\$ 840.00
Cambio de Panel Principal	1	\$ 3,500.00	\$ 3,500.00
Cambio de Sub Paneles	8	\$ 610.00	\$ 4,880.00
Grupo Electrógeno	1	\$ 33,000.00	\$ 33,000.00
Diseño de Malla de Tierra (m)	790	\$ 16.00	\$ 12,640.00
Sistema UPS	3	\$ 259,900.00	\$ 779,700.00
Renovación de la Red de Distribución (m)	3,900	\$ 25.00	\$ 97,500.00
Sistemas Contra Incendios (m)	1,500	\$ 11.00	\$ 16,500.00
<b>Total</b>			<b>\$ 950,560.00</b>

*Fuente: Propia*

<b>Inversión de Trabajos Hsp 7</b>	<b>Q</b>	<b>C/U</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Actualización de planos	1	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
Cambio de Acometida	25	\$ 35.00	\$ 875.00
Cambio de Panel Principal	1	\$ 3,500.00	\$ 3,500.00
Cambio de Sub Paneles	9	\$ 610.00	\$ 5,490.00
Grupo Electrógeno	1	\$ 33,000.00	\$ 33,000.00
Diseño de Malla de Tierra (m)	500	\$ 16.00	\$ 8,000.00
Sistema UPS	3	\$ 259,900.00	\$ 779,700.00
Renovación de la Red de Distribución (m)	3,200	\$ 25.00	\$ 80,000.00
Sistemas Contra Incendios (m)	1,700	\$ 11.00	\$ 18,700.00
<b>Total</b>			<b>\$ 931,265.00</b>

*Fuente: Propia*

**Tabla No 07: Consumo de energía eléctrica por zona climática**

<b>Rango de Consumo de Energía Eléctrica por Zona Climática (kWh/día)</b>			
<b>Zona</b>	<b>Camas</b>		
	50-150	150-450	>450
<b>I</b>	32	36	54
<b>II</b>	41	46	69
<b>III</b>	48	54	82

*Fuente: Alexander Salem Szklo*

**Tabla No 08: Consumo de energía eléctrica por tamaño del hospital**

<b>Rango de Consumo de Energía Eléctrica por tamaño del hospital</b>			
<b>Consumo</b>	<b>Camas</b>		
	50-150	150-450	>450
<b>A.A</b>	25%	27%	40%
<b>Iluminación</b>	20%	23%	26%
<b>otros</b>	55%	50%	34%

*Fuente: Alexander Salem Szklo*

## Anexo 06: Galerías

### Áreas de Cuidado General (Adultos)



### Áreas de Cuidado General (Pediatria)





## Áreas de Cuidado Crítico (Quirófano)



## Áreas de Cuidado Crítico (UCI Neonato)





## Área de Cuidado Crítico (Hemodiálisis Adultos y Pediatría)



## Sistemas de Aislados



## Tomacorrientes Tipo Hospital (UCI Adultos)

